



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE CIVIL

**DISEÑO DE CAPTACIÓN Y CONDUCCIÓN DE AGUA DE RIEGO PARA DOCE
COMUNIDADES DE LA PARROQUIA PUNGALA**

AUTOR:

CRISTHIAN JOSE CONTERO MAYACELA.

QUITO, ENERO DEL 2016

DEDICATORIA

Ahora, al final de este camino comprendo muchas cosas:

Comprendo que sin fe hacia Dios y mi Madre Dolorosa, este sueño no hubiera sido posible... por haber visto días buenos, darme capacidad, sabiduría y guiarme en el camino correcto de la vida.

Comprendo que con una familia maravillosa, quienes han confiado en mí siempre... son la base para el deseo de superación y triunfo en la vida; enseñándome a valorar todo lo que tengo y dándome ejemplo de superación, humildad y sacrificio.

Comprendo que cada problema tiene una solución...que los seres humanos trascendentes son los que no se olvidan que el mañana siempre será mejor y por ello no me he dejado vencer sin antes haber luchado.

Comprendo que el tiempo es muy lento para los que esperan, muy rápido para los que temen, muy largo para los que sufren...pero para quienes aman lo que hacen el tiempo es eternidad.

Comprendo finalmente que mi camino no ha hecho más que empezar...que los éxitos de mi vida profesional, significarán un gran esfuerzo, sacrificio y responsabilidad.

Es por esto padres queridos, Gustavo y Any que sin ustedes este sueño nunca pudiera haber sido completado; con mi corazón, mi alma inundada de felicidad y me mente puesta en el futuro les agradezco, por haber estado ahí en el momento preciso, por haber pronunciado las palabras correctas y por haberme tendido una mano de apoyo cuando más lo necesitaba...A mi Abuelito Carlos Mayacela (+), como olvidar dedicar mi esfuerzo a tu memoria por haber sido ejemplo de lucha, perseverancia y sencillez.

Cristhian J. Contero M.

AGRADECIMIENTO

A Dios, por permitirme llegar a este momento tan especial en mi vida.

A mis padres, quienes en todo momento me brindaron su apoyo y ayuda incondicional. Gracias por darme la oportunidad de estudiar en la PUCE a pesar de todo lo que esto conllevaba.

A mi hermano, Omar. Gracias por su compañía, por sus alegrías y por siempre estar allí dándome consejos para salir adelante.

A mis tíos Luis y Nancy, por ser parte importante y especial en mi vida. Quienes siempre han estado a mi lado, por sus mensajes de aliento y por su excelente manera de instruirme para afrontar las verdades de esta vida.

A mi familia, amigos y maestros. Por ser el pilar que me ha sostenido durante todo el tiempo que hemos compartido juntos a pesar de encontrarme fuera de mi tierra natal.

Gracias totales a cada uno de ustedes.

ÍNDICE

CAPITULO 1	1
1.1. Introducción.....	1
1.2. Descripción de la situación actual del área de intervención del proyecto.....	2
1.3. Objetivos	4
1.3.1. Objetivo General	4
1.3.2. Objetivos Específicos	4
1.3.3. Alcance.....	4
CAPITULO 2	6
MARCO TEÓRICO	6
2.1. Climatología e hidrología.....	6
2.1.1. Generalidades	6
2.1.2. El ciclo hidrológico	8
2.1.3. Temperatura.....	9
2.1.4. Humedad	10
2.1.5. Precipitación.....	11
2.1.6. Escurrimiento	12
2.1.7. Hidrología.....	12
2.1.8. Velocidad del viento.....	13
2.1.9. Nubosidad.....	14
2.1.10. Heliofanía	14
2.2. Calidad y cantidad de agua en la agricultura.....	15
2.2.1. Introducción.....	15
2.2.2. Cantidad de agua en los cultivos.	15
2.2.2.1. Evapotranspiración (ET)	16
2.2.2.2. Evapotranspiración de referencia (ET _o).....	17
2.2.3. Método Penman-Monteith (FAO).....	18
2.2.4. Coeficiente de cultivo (K _c)	19
2.2.5. Diseño de sistemas de abastecimiento de agua para riego para poblaciones pequeñas	24
2.2.5.1. Factores para implementación de sistema de agua en la agricultura.....	25
2.2.5.2. Fases para dimensionar el sistema.....	26
2.3. CROPWAT	27

2.3.1.	Introducción.....	27
2.3.2.	Información para acciones y cálculos del software.....	27
CAPITULO 3		29
DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO		29
3.1.	Localización del proyecto	29
3.1.1.	Localización Geográfica.....	29
3.1.2.	Localización del sitio de captación.	31
3.1.3.	Localización de las zonas de riego.	31
3.1.4.	Cuenca hidrográfica principal.	32
3.2.	Estudio de cuenca y micro cuenca del proyecto.....	33
3.2.1.	Introducción.....	33
3.2.2.	Ubicación general de la Cuenca	34
3.2.3.	Características Físico – Geográficas	36
3.2.4.	Área de Drenaje.....	37
3.2.5.	Coeficiente de Compacidad o Gravelious (kc).....	37
3.2.6.	Factor de Forma (kf).....	38
3.2.7.	Pendiente Media de la Cuenca (S)	38
3.2.8.	Pendiente Media del Cause	38
3.3.	Características climatológicas e hidrológicas del proyecto.....	39
3.3.1.	Introducción.....	39
3.3.2.	Precipitación media de la cuenca	42
3.3.3.	Lluvias intensas	44
3.3.4.	Temperatura.....	46
3.3.5.	Hidrografía	48
3.3.6.	Caudal.....	49
3.3.7.	Erosión.....	52
3.3.8.	Sedimentación fluvial.....	53
3.3.9.	Humedad	54
3.3.10.	Calidad del agua	55
3.3.11.	Velocidad del viento.....	55
3.3.12.	Heliofanía	56
3.4.	Estudio de las necesidades hídricas.....	57
3.4.1.	Introducción.....	57

3.4.2.	Definición de los tipos de cultivo.....	57
3.4.3.	Identificación de los tipos de suelo del Cantón	69
3.4.4.	Ciclo vegetativo de los cultivos.....	72
3.4.5.	Cálculo de las necesidades de agua de los cultivos.....	74
3.5.	LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO.....	76
3.5.1.	Introducción.....	76
3.5.2.	Información existente	76
3.5.3.	Estudio topográfico	77
3.5.4.	Levantamiento topográfico con Drones	78
3.5.5.	Procesamiento de imágenes con el software PIX4D.....	80
3.5.6.	Descripción del equipo utilizado para tomar los puntos GPS	87
3.5.7.	Puntos GPS de precisión	88
CAPITULO 4		90
DISEÑOS DE ESTRUCTURAS		90
4.1.	Introducción.....	90
4.2.	Captación Zanampala	90
4.3.	Obra de Captación	94
4.4.	Objetivo	94
4.5.	Criterios de diseño.....	95
4.6.	Diseño de la Rejilla de captación.....	101
4.7.	Galería de captación.....	104
4.7.1.	Canal de umbral.....	110
4.8.	Desripiador-Canal de limpieza-Compuerta.....	115
4.9.	Tanque de sumergencia:	119
4.10.	Azud de derivación	121
4.11.	Cuenca disipador de energía:	124
4.12.	Tubería de conducción:.....	126
4.13.	Compuertas de control y limpieza.....	130
4.14.	Enrocado:	133
4.15.	Tanques o lagunas de reserva.....	134
CAPITULO 5		137
IDENTIFICACIÓN Y DEFINICIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES		137
5.1.	Introducción.....	137

5.2.	Objetivos	138
5.3.	Metodología para la identificación y evaluación de impactos ambientales	138
5.3.1.	Definiciones de los medios ambientales impactados	141
5.3.1.1.	Medio Físico	141
5.3.1.2.	Medio Biótico	142
5.3.1.3.	Medio Antrópico	143
5.3.2.	Cálculos efectuados	143
5.3.3.	Jerarquización de Impactos	144
5.4.	ANÁLISIS DE RESULTADOS	145
5.4.1.	Interacciones por medio ambiental.....	145
5.4.2.	Interacciones por factor elemento ambiental.....	145
5.4.3.	Impactos negativos por medio ambiental.....	147
5.4.4.	Jerarquización de impactos positivos y negativos.....	147
5.4.5.	Interacciones de la matriz causa-efecto por medio ambiental.....	148
5.4.6.	Análisis de impactos.....	149
5.4.7.	Matriz de Identificación de impactos	154
5.4.8.	Matriz de evaluación de impactos	155
5.4.9.	Matriz de resultados de evaluación de impactos	161
	CAPITULO 6	162
	PRESUPUESTOS, ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS	162
5.5.	Análisis de Precios Unitarios	162
5.6.	Presupuesto de obra.....	163
	CAPITULO 7	165
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	165
5.7.	Conclusiones	165
5.8.	Recomendaciones.....	166
	BIBLIOGRAFÍA	167

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Coeficiente de cultivos (Kc).....	21
Tabla 2. Características Físicas de la Microcuenca.....	39
Tabla 3. Estaciones Meteorológicas de Interés	40
Tabla 4. Codificación de las estaciones.....	40
Tabla 5. Ecuaciones Intensidad – Duración – Frecuencia para las zonas	44
Tabla 6. Intensidad Máximas –Área Sur (zona 280).....	44
Tabla 7. Precipitación media mensual (mm).	45
Tabla 8. Temperaturas mínimas y máximas mensuales (° C).	47
Tabla 9. Características generales de la cuenca del río Zanampala.....	51
Tabla 10. Resumen de ocurrencia para los caudales del río Zanampala.	51
Tabla 11. Humedad relativa media mensual (%)	54
Tabla 12. Velocidad del viento media mensual (Km/h).....	55
Tabla 13. Determinación de los cultivos	59
Tabla 14. Patrones de cultivo y porcentaje de cada cultivo	68
Tabla 15. Ciclo Vegetativo.....	73
Tabla 16. Caudal Máximo requerido de los distintos cultivo.....	74
Tabla 17. Caudal máximo requerido anual para cubrir las necesidades de agua de los cultivos según tipificación.....	75
Tabla 18. Características de la cámara NEX 7	80
Tabla 19. Punto 1 GPS tomado en la zona del proyecto	89
Tabla 20. Punto 2 GPS tomado en la zona del proyecto	89
Tabla 21. Datos Generales del aprovechamiento del río Zanampala	91
Tabla 22. Parámetros morfológicos relevantes en el tramo de ubicación	94
Tabla 23. Determinación de la perdida en la compuerta del umbral.....	114
Tabla 24. Características del desripiador.....	117
Tabla 25. Características del tanque de carga.....	119
Tabla 26. Interacciones para determinar el calado del vertedero	123
Tabla 27. Características del perfil Creager	123
Tabla 28. Coordenadas del perfil Creager.....	123
Tabla 29. Características del cuenco dissipador de energía.....	126
Tabla 30. Datos de descarga en la compuerta	131
Tabla 31. Descarga para limpieza del tanque de carga.....	132

Tabla 32. Resumen general de dimensiones para los elementos hidráulicos del proyecto	135
Tabla 33. Criterios de Calificación de Impactos Ambientales	140
Tabla 34. Jerarquización de Impactos	144
Tabla 35. Número de impactos positivos por medio ambiental	145
Tabla 36. Interacciones por recurso ambiental	145
Tabla 37. Interacciones por factor ambiental	146
Tabla 38. Interacciones por recurso ambiental	146
Tabla 39. Número de impactos negativos por medio ambiental	147
Tabla 40. Jerarquización de impactos por medio ambiental	147
Tabla 41. Actividades e impactos ambientales.....	148

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Medición de la cantidad de la nubosidad.	14
Figura 2. Evapotranspiración.....	16
Figura 3. Gráfico anual del comportamiento de la evapotranspiración referencial.....	17
Figura 4. Curva real y teórica del coeficiente de cultivo.....	19
Figura 5. Consideraciones para la demanda de diseño	25
Figura 6. Ubicación política del proyecto.	29
Figura 7. Ubicación del Proyecto Calseg Puruhuay	29
Figura 8. Mapa base con las áreas del proyecto desde la captación y zonas de riego.....	30
Figura 9. Coordenadas del proyecto, Zona de riego ramal Oeste-Este	31
Figura 10. Cabeceras parroquiales del área de riego.	32
Figura 11. Cuenca del Río Zanampala – Imagen Satelital	35
Figura 12. Cuenca del Río Zanampala – Vista Planimétrica.....	35
Figura 13. Cartas Topográficas de Llactapamba de Alao y Guamote.....	37
Figura 14. Mapa ubicación estaciones meteorológicas (anuario 2008) INAMHI.....	42
Figura 15. Mapa de Isoyetas Anuales.....	43
Figura 16. Curvas IDF Cuenca del Río Zanampala.....	45
Figura 17. Precipitación media del periodo de 49 años en la cuenca del proyecto.	46
Figura 18. Temperaturas máximas y mínimas del cantón Pungala, año 2015.	47
Figura 19. Mapa de distribución anual de la temperatura media año 2011 (INAMHI)	48
Figura 20. Curva de Duración General del río Zanampala en el punto de cierre.....	49
Figura 21. Gráfico de Ramificaciones.	50
Figura 22. Mapa de la Geomorfología del Cantón Guamote	53
Figura 23. Velocidad del viento media mensual	56
Figura 24. Encuestas aplicadas a cada comunidad	58
Figura 25. Principales productos cultivados del sector	59
Figura 26. Textura del suelo del sector.....	71
Figura 27. Muestra de suelo proyecto de riego Calseg Puruhuay	72
Figura 28. Programa Google Earth.....	77
Figura 29. Drone preparado para el levantamiento topográfico	78
Figura 30. Software Pix4D	80
Figura 31. Resultados de la restitución con el Software Pix4D de la zona del proyecto ...	81
Figura 32. Ortomosaico obtenido con el Software Pix4D de la zona del proyecto.....	84

Figura 33. Curvas de nivel obtenido con el Software Pix4D de la zona del proyecto	85
Figura 34. Mosaico en sitio de implantación de la obra de captación.....	86
Figura 35. GPS LEICA SR20 empleado para tomar los puntos de precisión	87
Figura 36. Esquema del umbral usado en el dimensionamiento de las obras.	110
Figura 37. Esquema del canal de umbral.....	115
Figura 38. Esquema de desripiador	115
Figura 39. Variación de las partículas decantadas en función de la velocidad, Curva de Shelds	116
Figura 40. Esquema en corte del desripiador y del orificio de limpieza	118
Figura 41. Esquema del tanque de carga	120
Figura 42. Esquema general del azud de derivación	121
Figura 43. Ábacos para la determinación del perfil hidrodinámico	122
Figura 44. Coordenadas del perfil hidrodinámico	124
Figura 45. Esquema energético del cuenco dissipador de energía.....	125
Figura 46. Esquema del corte típico para la tubería de conducción	130
Figura 47. Curva de descarga para la compuerta de 0,20x0, 20 m.....	132
Figura 48. Curva de descarga para la compuerta de 0, 20 x 0, 20 m.....	133
Figura 49. Esquema de enrocado.....	133
Figura 50. Esquema de cortes típicos para el tanque de presión	134
Figura 51. Impermeabilización de un reservorio con geomembrana.	135
Figura 52. Porcentaje de impactos negativos por medio ambiental	145
Figura 53. Porcentaje de impactos negativos por medio ambiental	147

CAPITULO 1

1.1. Introducción

El agua, es uno de los elementos naturales que se encuentra en mayor cantidad en el planeta tierra, fundamental en todas las posibilidades del desarrollo de vida, siendo esencial tanto para el hombre al igual que para los animales y vegetales.

Sin embargo, este elemento líquido que se encuentra en diferentes formas en nuestro planeta, no se reparte por igual en todas las zonas; ya que la distribución de la lluvia es irregular, dependiendo de la forma de la tierra y de factores climatológicos como la temperatura y los vientos, entre otros. Esto hace que existan zonas donde la lluvia es extremadamente escasa conocidas como zonas desérticas y otras donde es más abundante; lo que ha generado que existan zonas de riqueza y también de extrema pobreza en el mundo.

El crecimiento de la población ha motivado al hombre a ingeniárselas para solventar el abastecimiento de las necesidades básicas para su subsistencia, como conducir agua donde él se ha ido estableciendo utilizable para el consumo humano y para captación y abastecimiento a los cultivos. Las irregularidades de lluvia fue siempre un problema; lo cual, ha originado que se vaya desarrollando técnicas de almacenamiento y distribución de este elemento.

Por este motivo, se ha volcado muchos esfuerzos a un manejo adecuado de agua para riego que logre conducir a excelentes resultados en la producción agrícola, con el fin de brindar mayor producción de alimentos para satisfacer sus necesidades básicas, así como para mejorar sustancialmente la economía y el desarrollo para su pueblo.

En las doce comunidades del sector Calseg Puruhuay, pertenecientes al cantón Pungala, zona de influencia del proyecto en estudio encontramos poblaciones dispersas, todas estas con un abastecimiento de agua para consumo humano que no abastece en forma integral sus necesidades y si consideramos el crecimiento poblacional que se avizora en un futuro cercano, resultaría insuficiente la cantidad de litros de agua por persona que al momento se encuentran recibiendo.

Para solucionar esta situación se ha planificado la captación de las aguas naturales que provienen de la quebrada Chanilla que fluyen por la cuenca del río Zanampala y cuentan con un caudal medio de 0,64 m³/seg. con el que se pretende cubrir una área para riego de alrededor de 632 Hectáreas.

Por eso, el diseño de un sistema de riego, en el cual no solo se considere los diseños técnicos de la infraestructura, sino que además tome en consideración factores como el clima, el tipo de sembrío, la ubicación geográfica, necesidad de agua del cultivo, época del año, entre otros; es de suma importancia en el desarrollo agrícola y de las comunidades en general.

La importancia que genera para el sector en todos los sentidos la implementación de sistemas tecnificados en el uso del agua como tal; teniendo como beneficio regular los caudales diarios necesarios, planificar los tipos de cultivo para cada temporada del año evitando el uso excesivo de agua y la erosión de los suelos.

Con la implementación de un sistema de agua para riego adecuado, se reactivará el rendimiento del sector agrícola y ganadero; ya que involucra muchos factores como económicos, sociales, entre otros. Obteniendo que la mayoría del área del proyecto Calseg Puruhuay se encuentre en condiciones de aprovechar al máximo el caudal que se tiene de las vertientes naturales, abasteciendo de suficiente agua indispensable para la producción, mejorando en cantidad y calidad.

1.2. Descripción de la situación actual del área de intervención del proyecto

En la actualidad el agua en Calseg Puruhuay se maneja en su mayoría por la práctica de una agricultura de secano, es decir se utiliza únicamente el agua que proviene de la lluvia, y el resto mediante acequias del sector que no abastecen de riego suficiente a las tierras que se encuentran dentro del área de intervención del proyecto; motivando que los agricultores busquen ayuda y apoyo técnico para tratar de reducir estas dificultades. La producción agrícola se ha visto afectada en los últimos años debido a la disminución de las precipitaciones fluviales que ha influenciado directamente en la oferta de empleo, provocando que la migración campesina vaya en aumento hacia las grandes ciudades y reflejando un abandono total de sus tierras.

A este particular descrito anteriormente, se debe sumar la importancia que genera para el sector la implementación de sistemas tecnificados en el uso del agua como tal; basándose en la regulación de los caudales diarios necesarios, la planificación de los tipos de cultivo para cada temporada del año evitando el uso excesivo de agua y la erosión de los suelos.

Con la propuesta de un diseño adecuado de captación y conducción de agua para riego de doce comunidades que se encuentran dentro del área del proyecto, se espera reactivar el rendimiento del sector agrícola y ganadero en condiciones de proveerse de suficiente agua indispensable para la producción, beneficiando a 900 familias con un total de 3600 personas aproximadamente.

Después de evidenciar la importancia de implementar un sistema de agua necesaria para mejorar su productividad en épocas de sequía, se consolida dos propósitos en el desarrollo del proyecto:

- Facilidad de captación, almacenamiento y optimización de agua en el riego.
- Abastecer de agua de forma integral para sus necesidades en la producción agrícola, considerando la importancia de crecimiento que cada comunidad adquiere en los sentidos productivos, económicos y sociales.

El Directorio de agua de riego Calseg Puruhuay, en su empeño por satisfacer la necesidad urgente de dotar agua de riego, ha considerado conveniente evaluar y realizar un estudio de las posibilidades hidráulicas de la zona, que con obras necesarias para la captación y conducción de la red principal, se logre la optimización de este elemento.

Con este particular descrito anteriormente, se realizará un diseño adecuado que tenga la capacidad de abastecer de agua para riego durante todo el año, cuyo embalse será regulado para garantizar el agua principalmente en los periodos de ausencia de lluvias. Para lograr este objetivo se aplicará los principios fundamentales del diseño hidráulico, se determinará las características generales de los cultivos y se minimizará el impacto ambiental como económico.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Diseñar un sistema de riego, mediante estructura de captación y conducción con el fin de dotar de agua a doce comunidades de la parroquia rural Pungala del cantón Riobamba, Provincia de Chimborazo; que optimice el uso del agua, principalmente en los periodos de ausencia de lluvias, aplicando los principios fundamentales del diseño hidráulico, considerando abastecer a 632 hectáreas de cultivos, incrementar la productividad agrícola y los ingresos económicos para fomentar el desarrollo del sector.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Diseño de la captación, adaptada a la topografía del río.
- Diseño de un desarenador adjunto a la toma.
- Determinar los diferentes tipos y diámetros de acueductos para la conducción principal de acuerdo a los caudales de diseño.
- Cálculo y diseño de reservorios en cada comunidad.
- Determinar la necesidad de agua de los cultivos en el proyecto.
- Cálculo de presupuesto y análisis de precios unitarios.
- Elaborar conclusiones y recomendaciones para obtener una buena operación y mantenimiento del sistema.

1.3.3. Alcance

Esta sección cubre todas las etapas de estudio que se realizarán para el desarrollo del proyecto, como paso previo a la construcción:

- Toma de datos de campo.
- Estudio topográfico.
- Determinación de cotas de captación y tanques reservorios para cada comunidad.

- Reconocimiento de las zonas de riego para cada comunidad.
- Recolección de información meteorológica e hidrológica para determinar el caudal de diseño.
- Recolección de información de las zonas de riego para determinar el caudal requerido de riego en cada comunidad.
- Diseño de captación, conducción principal y reservorios.
- Cálculo de tipo y diámetros de tuberías para la conducción principal.
- Especificaciones técnicas.
- Cálculo del presupuesto y análisis de precios unitarios.
- Planos: plantas, perfiles y detalles.

El área de riego del presente proyecto será de 632 ha aproximadamente, beneficiando a 900 familias con un total de 3600 personas.

CAPITULO 2

MARCO TEÓRICO

2.1. Climatología e hidrología

2.1.1. Generalidades

El agua es esencial para la supervivencia de todas las formas conocidas de vida, sustancia cuya molécula está formada por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno (H₂O), cubre alrededor del 71 % de nuestro planeta, Tierra, único planeta del sistema solar con extensas cantidades de agua líquida, razón fundamental de vida; principalmente se encuentra en los océanos, donde se consolida el 96,5 % del agua total, los casquetes polares y glaciares poseen el 1,74 %, los depósitos subterráneos y los glaciares continentales son el 1,72 % y el restante 0,04 % se reparte en orden decreciente entre lagos, humedad del suelo, atmósfera, embalses y ríos (EcuRed, 2015).

Es importante, entender los procesos y las reservas del ciclo hidrológico para poder enfrentar diferentes cuestiones, incluidas la polución y el cambio global climático.

Se estima que el 70 % del agua dulce se destina a la agricultura del mundo. El agua en la industria absorbe una media del 20 % del consumo mundial, empleándose en tareas de refrigeración, transporte y como disolvente de una gran variedad de sustancias químicas. El consumo doméstico capta el 10 % restante.

El estudio de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), estiman que uno de cada cinco países en vías de desarrollo tendrá inconvenientes antes de 2030 de escasez de agua, en esos países es vital un menor gasto de agua en la agricultura modernizando sistemas de riego (EcuRed, 2015).

El Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), reconoce explícitamente el derecho humano al agua como fuente de vida. La gente necesita el agua tanto como el oxígeno, para resguardar su salud, además de "preserva los sistemas ecológicos y forma parte de los sistemas de producción en los que se basan los medios de sustento" (United Nations Development Programme, 2015, pág. 18)

En el Ecuador Continental se presenta una gran variedad de climas debido a su posición geográfica y a la diversidad de alturas impuestas por la cordillera de los Andes,

definiéndose claramente tres regiones: Costa, Sierra y Oriente. Las Islas Galápagos, perteneciente también al Ecuador, se la conoce como región Insular, ubicada aproximadamente a 600 millas.

Debido a su posición geográfica y a la diversidad de alturas impuestas por la cordillera de los Andes, el Ecuador presenta una gran variedad de climas y cambios considerables a cortas distancias. Nuestro país está ubicado dentro del cinturón de bajas presiones atmosféricas donde se sitúa la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT), por esta razón, ciertas áreas del Ecuador reciben la influencia alternativa de masas de aire con diferentes características de temperatura y humedad (AEPEREACU, 2015).

Por ubicarse en el centro del planeta, en la latitud cero, se presenta numerosas variables debido a tres factores principales: las corrientes marinas del pacífico, los pisos altitudinales generados por la presencia de los Andes que van desde 100 a más de 550 metros sobre el nivel del mar y los sistemas meteorológicos propios de la Cuenca Amazónica. También existen sólo dos estaciones climáticas predecibles en el Ecuador: húmeda y seca, llamadas invierno y verano, se puede distinguir climas templados y tropicales, y regiones con gran variedad de características subtropicales especialmente en las estribaciones de las dos cordilleras, además de encontrar zonas cálidas, frías, zonas desérticas y semidesérticas.

El Gobierno Ecuatoriano con el fin de mejorar los proyectos de riego en cuanto a la organización nacionalizó todas las fuentes de agua en 1972, y destino a organismos estatales la planeación y administración de proyectos hídricos. El INAMHI, Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología es el encargado de la planeación de los recursos hídricos. Actualmente con la nueva constitución vigente en el Ecuador, da importancia al agua y la reconoce como derecho humano.

Fundamental e irrenunciable y constituye patrimonio nacional estratégico y esencial para la vida. Las personas y colectividades tienen derecho al acceso seguro y permanente a alimentos sanos, suficientes y nutritivos; preferentemente producidos a nivel local y en correspondencia con sus diversas identidades y tradiciones culturales. El estado Ecuatoriano promoverá la soberanía alimentaria (Asamblea Constituyente, 2015)

2.1.2. El ciclo hidrológico

El ciclo hidrológico describe el movimiento cíclico y continuo en el planeta tierra del agua, ya que cambia su estado en varias etapas del ciclo como en líquido, sólido y gaseoso. Este comienza desde la evaporación del agua desde la superficie, a medida que se eleva el aire se enfría y se transforma en agua, las gotas de agua se juntan y forman nubes que luego caen con su propio peso lo que se conoce como precipitaciones. Si la atmosfera es cálida el agua caerá en gotas de lluvia y si la atmosfera se encuentra muy fría el agua caerá como nieve o granizo.

El agua es apta de realizar este ciclo debido a su versatilidad de tener cambios tantos químicos como físicos. Esto permite que el recurso hídrico se renueve tratando de mantener el equilibrio en el planeta tierra.

Para un mejor entendimiento se lo separa en fases, como: evaporación, precipitación, retención, escorrentía superficial, infiltración, evapo-transpiración y corriente subterránea.

La primera fase es la evaporación. Las masas grandes líquidas de agua en el planeta como lagos, ríos y océanos se convierten en vapor. Las radiaciones solares, la temperatura, entre otras, son algunos factores que causan este fenómeno. Convertida el agua en vapor, ésta asciende en la atmósfera debido a que el aire es mayor que su densidad. Se produce entonces la formación de las nubes ya que mientras el vapor de agua asciende, las temperaturas disminuyen.

Con la formación de las nubes, y con bajas temperaturas, se produce entonces la segunda fase denominada precipitación. Llevando a condensar las partículas de agua y provocando que crezcan de tamaño, más o menos a partir de 10 cm formando gotas, las mismas que caen a la corteza terrestre por efecto de la gravedad favoreciendo las formas de vida en el planeta tierra. Las formas de precipitación se pueden expresar como lluvia, granizo o nieve.

Algunas gotas caen, pero no toda el agua que cae llega al terreno, algunas partículas adquieren temperatura y nuevamente se evaporan, regresando a la parte alta de la atmósfera. Las partículas que llegan a la corteza terrestre son retenidas en árboles, edificios, construcciones, carreteras; parte del agua llega al terreno y queda estancada en charcos, lagos, etc. Se evaporan y regresan a la primera fase, y después del transcurso del tiempo vuelven a evaporarse. Esta es la tercera fase denominada Retención.

La siguiente etapa en la cual el agua no fue retenida en la anterior etapa, se la conoce como Escorrentía Superficial, la cual crea cursos de agua formando arroyos y ríos que desembocan en el océano, una parte de ésta se evapora y otra se filtra en el terreno denominándose etapa de filtración, en el suelo se conforman dos zonas, la no saturada (superficial) y la saturada (profunda).

Parte de agua en la zona no saturada se evapora y regresa a la atmósfera en forma de vapor; y la otra parte mucho mayor en cantidad, regresa a la atmósfera en forma de la trasportación de las plantas. Dando lugar a la sexta etapa conocida como la capa superficial.

La escorrentía, última etapa del cierre hidrológico. El agua que se encuentra en la zona de terreno saturada, puede regresar como evapotranspiración si no es suficientemente profunda la capa, caso contrario se produce descargas subterráneas.

Este es el proceso completo del ciclo hidrológico. El ciclo es continuo, pero irregular. Algunas partículas de agua recorren todo el ciclo en un solo intento o pueden pasar muchos años sin llegar al océano, dependiendo de las variaciones creadas por el hombre en cualquier etapa que alteren las fases. Sin dejar de lado la importancia que el ciclo hidrológico tiene y es ayudar a mantener la atmósfera caliente y el suelo frío.

2.1.3. Temperatura

El término temperatura se refiere a las nociones ambientales comunes de calor o frío medible mediante un termómetro se la puede determinar, por lo que, si se toma de varios puntos en un área a un mismo tiempo puede variar dependiendo de diversos factores.

La temperatura del aire es el elemento del clima al que se asigna mayor importancia como causa de las variaciones que experimentan el crecimiento, el desarrollo y la productividad de los cultivos agrícolas. Por esta razón, es necesario conocer la disponibilidad (cantidad y duración) y el régimen térmico de una localidad, que con las disponibilidades hídricas (precipitación y humedad edáfica) permitirá cuantificar la aptitud climática regional.

2.1.4. Humedad

La humedad del aire se debe al vapor de agua presente en la atmósfera. El vapor procede de la evaporación de los mares y océanos, de los ríos, los lagos, las plantas y otros seres vivos. La cantidad de vapor de agua que puede absorber el aire depende de su temperatura. El aire caliente admite más vapor de agua que el aire frío.

Se puede expresar de forma absoluta mediante la humedad absoluta, o de forma relativa mediante la humedad relativa o grado de humedad.

La humedad absoluta: es la cantidad de vapor de agua presente diferente al molecular, que es el peso en gramos del vapor de agua contenido en un metro cúbico de aire.

La humedad relativa: es la relación porcentual entre la cantidad de vapor de agua real que contiene el aire y la que necesitaría contener para saturarse a idéntica temperatura, por ejemplo, una humedad relativa del 70% quiere decir que de la totalidad de vapor de agua (el 100%) que podría contener el aire a esta temperatura, solo tiene el 70%.

Hay varios métodos de estimar la cantidad de vapor en el aire ambiente, cada una de ellas con aplicación en una ciencia o técnica específica. La presión de vapor o 'tensión de vapor' es uno de los modos de estimar la cantidad de vapor de agua contenida en el aire. Se expresa como una presión, en pascales (Pa o KPa o mmHg).

La forma más habitual de expresar la humedad ambiental es:

$$\%RH = \frac{P(H_2O)}{P^*(H_2O)} * 100\%$$

Donde:

$P(H_2O)$ Es la presión parcial de vapor de agua en la mezcla de aire.

$P^*(H_2O)$ Es la presión de saturación de vapor de agua a la temperatura en la mezcla de aire.

RH Es la humedad relativa de la mezcla de aire que se está considerando.

La importancia de esta forma de expresar la humedad ambiente radica en que refleja muy adecuadamente la capacidad del aire de admitir más o menos vapor de agua, lo que, en términos de comodidad ambiental para las personas, expresa la capacidad de evaporar la transpiración, importante regulador de la temperatura del cuerpo humano.

La razón de mezcla o relación de mezcla: es la cantidad de vapor de agua contenido en el aire medido en gramos de vapor de agua por kilogramo de aire seco (g/kg).

Una causa significativa de la baja producción y el fracaso de cultivos en la agricultura es la falta de agua en el suelo. Esto se debe a la combinación de una lluvia escasa y errática con una mala utilización del agua disponible. El manejo de la humedad del suelo es, entonces, un factor clave cuando se trata de mejorar la producción agrícola.

Este elemento es principal para el estudio de un proyecto de riego, para conocer las necesidades de agua en las plantas a cultivar.

2.1.5. Precipitación

La precipitación es una parte importante del ciclo hidrológico, llevando agua dulce a la corteza terrestre y favoreciendo la vida de los animales como de los vegetales en el planeta tierra. La precipitación pluvial se mide en mm, que sería el espesor de la lámina de agua que se formaría, a causa de la precipitación, sobre una superficie plana e impermeable y que equivale a litros de agua por metro cuadrado de terreno (L/m²).

Dependiendo de los ciclos temporales que se ven afectados por los movimientos de rotación y traslación terrestres, además de la localización geográfica las precipitaciones pueden variar; por lo cual, los seres humanos se han ido adaptando y conociendo las condiciones predominantes en el sector que les ha llevado a tomar medidas durante las diferentes fases del año con períodos lluviosos (determinado período con lluvias intensas o abundantes) o períodos secos (menor frecuencia de lluvias, sequía).

En su mayoría, las obras de Ingeniería Civil están relacionadas con estructuras a desarrollarse en el entorno, que indudablemente estarán influidas por los factores climáticos, y las precipitaciones pluviales. Por ejemplo, un dimensionamiento en las presas de obras hidráulicas puede garantizar su funcionamiento, la vida útil y aguas abajo prestar seguridad a las poblaciones.

Es importante tener información de las precipitaciones pluviales del sector para diseñar estructuras hidráulicas, que para este caso se deben conocer las siguientes: La intensidad de la lluvia y duración de la lluvia, para un mismo período de retorno.

Al aumentarse la duración de la lluvia disminuye su intensidad media, la formulación de esta dependencia es empírica y se determina caso a caso, con base en los datos observados directamente en el sitio de estudio o en otros sitios próximos con las características

hidrometeorológicas similares. Dicha formulación se conoce como relación Intensidad-Duración-Frecuencia o comúnmente conocidas como curvas IDF (Bravo, 2015).

2.1.6. Esgurrimiento

Se llama al agua que circula después de precipitarse, ya sea fuera o dentro de la superficie del terreno, llegando a la salida de la cuenca finalmente.

Se distinguen tres tipos de escurrimiento, el superficial, sub-superficial, y subterráneo, dependiendo del lugar por el que corran las aguas.

Los factores que afectan al escurrimiento son los factores climáticos, precipitación: forma, intensidad, duración, distribución. Otras circunstancias son la forma del suelo, geología y topología del suelo, altitud, pendiente.

El escurrimiento se mide con la interacción de nivel de agua, velocidad, avenida, caudal, aportación, coeficiente de escurrimiento, altura media del escurrimiento, entre otras.

2.1.7. Hidrología

La hidrología es la disciplina científica dedicada al estudio de las aguas de la Tierra, incluyendo su presencia, distribución y circulación a través del ciclo hidrológico, y las interacciones con los seres vivos. También trata de las propiedades químicas y físicas del agua en todas sus fases.

El objetivo primario de la hidrología es el estudio de las interrelaciones entre el agua y su ambiente. Ya que la hidrología se interesa principalmente en el agua localizada cerca de la superficie del suelo, se interesa particularmente en aquellos componentes del ciclo hidrológico que se presentan ahí; esto es, precipitación, evapotranspiración, escorrentía y agua en el suelo. Los diferentes aspectos de estos fenómenos son estudiados en sus varias subdisciplinas.

La hidrometeorología, por ejemplo, se concentra en el agua localizada en la capa fronteriza inferior de la atmósfera, mientras que la hidrometría se encarga de las mediciones del agua superficial, especialmente precipitación y flujo de las corrientes. La hidrografía involucra la descripción y la confección de mapas de los grandes cuerpos de agua, tales como lagos,

mares interiores y océanos. Por el otro lado, la hidrología del suelo se centra en el agua que se encuentra en la zona saturada debajo de la superficie del suelo, y en la física suelo-agua en la zona no saturada.

La hidrología se nutre de disciplinas como la geología, química, edafología y fisiología vegetal, empleando muchos de sus principios y métodos.

Los investigadores en el campo usan mucho (y cada vez más) las simulaciones computarizadas de los sistemas hidrológicos naturales y las técnicas de detección remota, como, por ejemplo, el uso de satélites que orbitan el planeta equipados con cámaras infrarrojas para detectar cuerpos de aguas contaminadas o para seguir el flujo de manantiales termales.

2.1.8. Velocidad del viento

El viento es la circulación del aire de un lugar a otro, con más o menos fuerza. Su principal efecto es el de mezclar distintas capas o bolsas de aire.

Cuando se concentra la humedad en una zona y esta asciende hasta una capa de aire más fría, se producen las precipitaciones. El viento se produce cuando una masa de aire se vuelve menos densa, al aumentar su temperatura, asciende y entonces, otra masa de aire más densa y fría se mueve para ocupar el espacio que la primera ha dejado.

Hay vientos generales y permanentes que recorren todo el globo terráqueo como consecuencia de la circulación general de la atmósfera, y otros vientos que se desencadenan a causa de los cambios meteorológicos locales. Algunos de estos últimos son periódicos, algunos afectan grandes regiones de la tierra, otros tienen un ámbito de actuación muy limitado.

La distancia que recorre el aire en movimiento por unidad de tiempo es la velocidad del viento. Se expresa en m/seg. o en km /h, y también en nudos (millas marinas /h). Los vientos más suaves tienen una velocidad aproximada de 10 km /h y los más fuertes alrededor de 300 km/ h. La dirección del viento se halla determinada por el punto de donde procede y al cual se dirige y se registra mediante veleta.

La acción del viento puede afectar la eficiencia de aplicación del agua en riego por aspersión. El patrón de mojado de los aspersores es muy sensible a la acción del viento ya

que este provoca que se aplique menos agua en el lado donde llega el viento y más agua en el lado contrario, por esto se debe tener muy claro que velocidad tiene el viento en el sector.

2.1.9. Nubosidad

La nubosidad es la porción del cielo cubierto por nubes, de este modo se considera cero nubosidad a un cielo totalmente despejado, mientras en los días con cielos cubiertos totalmente de nubes y de muy poca visibilidad se los considera de alta nubosidad.

En la siguiente tabla se explica claramente cómo se mide la magnitud de la nubosidad del cielo conocidas como Octas:

	Cielo despejado		5/8 de cielo cubierto
	1/8 de cielo cubierto		6/8 de cielo cubierto
	2/8 de cielo cubierto		7/8 de cielo cubierto
	3/8 de cielo cubierto		8/8 de cielo cubierto
	4/8 de cielo cubierto		Cielo oscurecido

Figura 1. Medición de la cantidad de la nubosidad.

2.1.10. Heliofanía

La heliofanía representa la duración del brillo solar u horas de sol, y está ligada al hecho de que el instrumento utilizado para su medición, heliofanógrafo, registra el tiempo en que recibe la radiación solar directa. La ocurrencia de nubosidad determina que la radiación recibida por el instrumento sea radiación solar difusa, interrumpiéndose el registro. Por lo tanto, si bien hay energía incidente disponible, la concentración o densidad de la misma no es suficiente para ser registrada.

2.2. Calidad y cantidad de agua en la agricultura

2.2.1. Introducción

El concepto de calidad de agua se refiere a la comparación de las características físicas, químicas y biológicas que tiene una fuente de agua para efectuarse su adaptabilidad a un uso específico, en la palabra, en la relación entre las necesidades del usuario y el uso intensivo para el proyecto en el cual se pretende usarla. La comprensión de causa y efecto entre los componentes del agua y el problema resuelto, permite evaluar la calidad y determinar el grado de aceptabilidad.

Por lo general, únicamente se cuenta con aguas de una sola calidad, siendo su aplicación supeditada a su adaptabilidad al uso que se le quiere dar.

Específicamente, se han preparado numerosas guías para el uso de aguas en la agricultura de regadío según su calidad. Debido a la variabilidad de las condiciones en el campo, cada una de ellas ha tenido cierta utilidad, pero ninguna satisfactoria completamente.

La conveniencia en el uso del agua de una determinada calidad, se ha ordenado mediante indicadores que presentan directrices técnicas que presentan varias características y han surgido elementos indicadores de los problemas relacionados en la calidad del agua mediante información acumulada sobre experiencias y resultados apreciados.

2.2.2. Cantidad de agua en los cultivos.

La determinación de las necesidades de agua en los cultivos es el paso previo para establecer el diseño del proyecto de riego; el cual, calculará el volumen de agua necesario que debe aportar el sistema de riego para lograr rendimientos altos y estables con la máxima calidad del producto cosechable.

La cantidad de agua requerida que las plantas transpiran es mucho mayor que el agua retenida (usada para crecimiento y fotosíntesis). La transpiración puede considerarse, por tanto, como el consumo de agua de la planta. Además debemos considerar que hay pérdidas de agua por evaporación del agua desde la superficie del suelo. A esto se lo conoce comúnmente como evapotranspiración (ETP).

La evapotranspiración (ETP) suele expresarse en mm de altura de agua evapotranspirada en cada día (mm/día) y es una cantidad que variará según el clima y el cultivo.

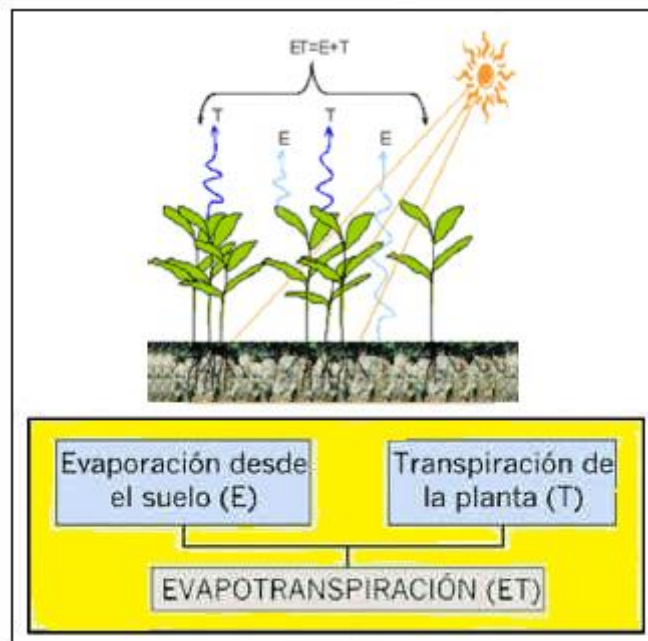


Figura 2. Evapotranspiración.

La cantidad de agua que suponen ambos procesos, transpiración y evaporación, suele considerarse de forma conjunta simplemente porque es muy difícil calcularla por separado. Por lo tanto, se considera que las necesidades de agua de los cultivos están representadas por la suma de la evaporación directa desde el suelo más la transpiración de las plantas.

2.2.2.1. Evapotranspiración (ET)

Para lograr la máxima calidad de productos cosechables, se considera la evapotranspiración para lograr satisfacer al máximo el cultivo y se calcula como:

$$ET = ET_r \times K_c$$

Donde:

ET_r es la Evapotranspiración de referencia (CLIMA)

K_c es el coeficiente de CULTIVO

2.2.2.2. Evapotranspiración de referencia (ET_o)

Para poder calcular la evapotranspiración del cultivo o evapotranspiración de referencia (ET_o) se parte de un sistema ideado para este fin, establece en medir el consumo de agua de un cultivo hipotético de pasto evitando problemas de calibración local, con una altura de unos 10-15 cm con una altura de cultivo de 12 centímetros, una resistencia de superficie fija de 70 s/m, sin falta de agua y en pleno crecimiento, donde se ha colocado un instrumento de medida. Como el cultivo es siempre el mismo, será mayor o menor según sean las condiciones del clima (radiación solar, temperatura del aire, humedad atmosférica, velocidad de viento) y del entorno. El cálculo empírico de la evapotranspiración de referencia es difícil y para obtenerla normalmente recurrimos a las entidades públicas, centros de investigación, que calcula utilizando datos meteorológicos (AEPEREACU, 2015).



Figura 3. Gráfico anual del comportamiento de la evapotranspiración referencial.

Tomando como autoridad a la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura) esta organización introdujo un concepto de cultivo hipotético de referencia que se adapta en gran forma al modelo matemático desde mayo de 1990, desarrollado por (Penman y Monteith) y se establece como el único método estándar sustituyendo al cultivo vivo de referencia evitando los inconvenientes de su puesta en práctica.

2.2.3. Método Penman-Monteith (FAO)

Es un método con fuertes probabilidades de predecir correctamente la evapotranspiración de referencia en un amplio rango de localidades y climas.

En 1948, Penman combinó el método de balance de energía con la transferencia de masa y derivó una ecuación para calcular la evaporación desde una superficie de agua de registros climáticos de luz solar, temperatura, humedad y velocidad de viento.

La ecuación se detalla a continuación:

$$ET_o = \frac{0.408 \Delta(Rn - G) + \gamma \frac{900}{T+273} u_2 (C_x - C_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34 u_2)}$$

Donde:

ET_o: Evapotranspiración de referencia (mm día⁻¹)

R_n: Radiación neta en la superficie de cultivo (MJ m⁻² día⁻¹)

G: Densidad de flujo de calor en el suelo (MJ m⁻² día⁻¹),

T: Temperatura promedio diaria de aire a 2 m de altura (°C)

u₂: Velocidad del viento a 2 m de altura (m s⁻¹)

e_s: Presión de vapor de saturación (kPa)

e_a: Presión de vapor real (kPa)

e_s – e_a: Déficit de presión de vapor de saturación (kPa)

Δ: Curva de presión de vapor (kPa °C⁻¹)

γ: Constante psicométrica (kPa °C⁻¹)

Fuente: Documento de la FAO Riego y Drenaje (Evapotranspiración del cultivo)

Ninguna ecuación de evapotranspiración basada en datos climáticos puede predecir la evapotranspiración perfectamente bajo cada situación climática debido a la simplificación en formulaciones y errores en la medición de datos. Es probable que instrumentos de precisión bajo un excelente ambiente y condiciones de manejo biológico muestren que la ecuación Penman-Monteith de la FAO se desvía a veces de las medidas verdaderas de pasto ET_o. Sin embargo, los expertos consultores acordaron el uso de la definición de

referencia hipotética de la ecuación Penman-Monteith de la FAO como la definición de pasto ETo.

Además del sitio de locación, la ecuación Penman-Monteith de la FAO requiere datos como temperatura del aire, humedad, radiación solar y velocidad del viento para cálculos diarios, semanales o mensuales.

2.2.4. Coeficiente de cultivo (Kc)

El coeficiente de cultivo (Kc) describe las variaciones de la cantidad de agua que las plantas extraen del suelo a medida que se van desarrollando, desde la siembra hasta la recolección.

En los cultivos anuales normalmente se diferencian 4 etapas o fases de cultivo: (elRiego.com, 2015)



Figura 4. Curva real y teórica del coeficiente de cultivo.

Fuente: (elRiego.com, 2015)

INICIAL: Desde la siembra hasta un 10% de la cobertura del suelo aproximadamente.

DESARROLLO: Desde el 10% de cobertura y durante el crecimiento activo de la planta.

MEDIA: Entre floración y fructificación, correspondiente en la mayoría de los casos al 70-80% de cobertura máxima de cada cultivo.

MADURACIÓN: Desde madurez hasta recolección.

Como se observa en la figura superior, Kc comienza siendo pequeño y aumenta a medida que la planta cubre más el suelo. Los valores máximos de Kc se alcanzan en la floración, se mantienen durante la fase media y finalmente decrece durante la fase de maduración.

Lo mejor es disponer de valores de Kc para cada cultivo obtenidos en la zona y para distintas fechas de siembras, pero en ausencia de esta información se pueden usar valores orientativos de Kc para varios cultivos herbáceos y hortícolas como los siguientes: (elRiego.com, 2015)

Tabla 1. Coeficiente de cultivos (Kc)

Cultivo	Kcini1	Kcmed	Kcfin	AlturaMáx. Cultivo	Cultivo	Kcini1	Kcmed	Kcfin	AlturaMáx. Cultivo
				(h)(m)					(h)(m)
Hortalizas Pequeñas	0,7	1,05	0,95		Leguminosas(Leguminosae)	0,4	1,15	0,55	
Brécol (Brócoli)		1,05	0,95	0,3	Frijoles ojudías,verdes	0,5	1,052	0,9	0,4
Colde Bruselas		1,05	0,95	0,4	Frijoles ojudías,secos y frescos	0,4	1,152	0,35	0,4
Zanahoria		1,05	0,95	0,3	Habas – Fresco	0,5	1,152	1,1	0,8
Coliflor		1,05	0,95	0,4	Lentejas		1,1	0,3	0,5
Apio (Céleri)		1,05	1	0,6	Cereales	0,3	1,15	0,4	
Ajo		1	0,7	0,3	Cebada		1,15	0,25	1
Lechuga		1	0,95	0,3	Avena		1,15	0,25	1
Cebolla –seca		1,05	0,75	0,4	Trigo de Primavera		1,15	0,25-0,410	1
–verde		1	1	0,3	Trigo de Invierno –con suelos congelados	0,4	1,15	0,25-0,410	1
–semilla		1,05	0,8	0,5	–con suelos no-congelados	0,7	1,15	0,25-0,410	
Espinaca		1	0,95	0,3	Maíz, (grano)		1,2	0,60,0,3511	2
Rábano		0,9	0,85	0,3	Maíz, (dulce)		1,15	1,0512	1,5
Camoteo Batata		1,15	0,65	0,4	Mijo		1	0,3	1,5
Nabos(Ruta bagá)		1,1	0,95	0,6	Sorgo –grano		1,00-1,10	0,55	01-feb

Fuente: (FAO.org, 2015)

En el cuadro mostrado se incluyen valores típicos de K_c correspondientes a distintos cultivos, los valores del cuadro integran los efectos de la transpiración y la evaporación en el tiempo. Para valores de diferentes cultivos diferentes a esta Tabla, se los puede encontrar en la Tabla de Anexo # el cual contiene los “valores del coeficiente unico (promedio temporal) del cultivo, K_c y alturas medias máximas de las plantas para cultivos no estresados y bien manejados en climas sub-humedos ($HR_{min} \approx 45\%$, $u_z \approx 2 \text{ m s}^{-1}$) para usar en la fórmula de la FAO Penman-Monteith ET_o .” Publicada por FAO

Datos:

Para llevar adelante cálculos diarios, semanales, de diez días o mensuales de ET_o , además de la localización del sitio, la ecuación FAO Penman-Monteith requiere datos de temperatura del aire, humedad atmosférica, radiación y velocidad del viento. El procesamiento y la metodología de cálculo de los datos requeridos para el cálculo de la Evapotranspiración de referencia se presentan a continuación. Es importante verificar las unidades en las cuales se encuentran los datos climáticos.

Localización: La altura sobre el nivel del mar (m) de la zona para la que se determina la ET_o , su latitud (grados norte o sur) y su longitud (grados este u oeste) deben ser especificados. Estos datos son necesarios para ajustar algunos parámetros climáticos al valor medio local de la presión atmosférica (función de la elevación del sitio sobre nivel del mar) y para calcular la radiación extraterrestre (R_a) y, en algunos casos, la duración máxima de la insolación (N). En los procedimientos del cálculo para R_a y N , la latitud se expresa en radianes (grados decimales $^\circ/180$). Un valor positivo se utiliza para el hemisferio norte y un valor negativo para el hemisferio sur.

Temperatura: Para la aplicación de la formula FAO Penman-Monteith, se requiere información de temperatura diaria (promedio) máxima y mínima en grados centígrados ($^\circ\text{C}$). En los casos en que solamente se tenga disponibilidad de temperaturas medias diarias, el cálculo de ET_o todavía es válido pero se podría esperar una cierta subestimación de ET_o debido a la relación no-lineal de la presión de vapor de saturación en relación con la temperatura. El uso de la temperatura media del aire en lugar de la temperatura máxima y mínima tiene como resultado una presión de saturación más baja (es), y por lo tanto un déficit de presión de vapor también más bajo (es - ea), resultante en una estimación más baja de la evapotranspiración de referencia.

Humedad: El valor de la presión real (promedio) diaria de vapor, (e_a), en kilo pascales (kPa) se requiere como dato de entrada para la aplicación de la ecuación FAO Penman-Monteith. En caso de que los valores de presión real de vapor no estén disponibles, estos pueden ser derivados de la humedad relativa máxima y mínima (%), de los datos psicométricos (temperaturas de bulbo seco y mojado en °C) o de la temperatura del punto de rocío (°C).

Radiación: La radiación neta diaria (promedio) esta expresada en megajoules por metro cuadrado por día ($\text{MJ m}^{-2} \text{ día}^{-1}$). Estos datos no están disponibles comúnmente en forma directa pero pueden derivarse de la radiación de onda corta (promedio) medida con un piranómetro o de la duración real diaria (promedio) del sol brillante (horas por día) medida con el heliógrafo.

Viento: Para la aplicación de la ecuación FAO Penman-Monteith se requiere contar con la velocidad del viento (promedio) diaria en metros por segundo (m/s) medida a 2 m de altura sobre el nivel del suelo. Es importante verificar la altura a la cual se mide la velocidad del viento, pues velocidades del viento medidas a diversas alturas sobre la superficie del suelo presentan con seguridad valores diferentes.

Estimación de Datos Faltantes:

Es común que se presenten situaciones en las que algunos datos climáticos no estén disponibles. Para estos casos, en general se debe evitar el uso de ecuaciones alternativas para el cálculo de ETo , que requieren un número limitado de parámetros meteorológicos.

Se recomienda en cambio, el cálculo de la ETo usando el método estándar de FAO Penman- Monteith después de resolver el problema específico de los datos faltantes.

Se espera que las diferencias entre los valores de ETo obtenidos con la ecuación de FAO Penman-Monteith con limitada cantidad de datos y, por otra parte, con todos los datos requeridos completo, sean más pequeñas o al menos de magnitud similar a las diferencias resultantes del uso de una ecuación alternativa de ETo .

Incluso en casos en los que los datos disponibles solo incluyan la temperatura máxima y mínima del aire, se pueden obtener estimaciones razonables de ETo con la ecuación de FAO Penman-Monteith para periodos de diez días o mensuales. Los datos de radiación se pueden derivar de la diferencia de temperatura del aire, o, junto con la velocidad del viento y datos de humedad atmosférica, se pueden extrapolar de una estación meteorológica

próxima. Los datos de humedad se pueden también estimar de la temperatura mínima diaria del aire. Una vez evaluada la validez del uso de datos de otra estación, las estimaciones de ETo para periodos de diez días o mensuales pueden ser efectuadas.

Los procedimientos para estimar datos faltantes se deben validar en el ámbito regional. Esto es posible para estaciones meteorológicas que cuentan con los datos completos comparando la ETo calculada con todos los datos y calculada con datos estimados. El cociente debe estar cerca de uno. En los casos en que el cociente se desvíe perceptible y consistentemente de uno, el cociente se puede utilizar como factor de corrección para las estimaciones hechas con los datos estimados. En los casos en que el error estándar de la estimación exceda el 20 por ciento del valor de ETo calculada con datos completos y en forma inconsistente, se debe realizar un análisis de sensibilidad para determinar causas (y límites) para el método utilizado para estimar los datos faltantes. La validación se debe realizar para cada mes y cada variable así como para estimaciones diarias de ETo.

El cálculo de la evapotranspiración del cultivo de referencia (ETo) se realiza para nuestro estudio mediante un procedimiento automatizado. Muchos programas informáticos utilizan ya la ecuación FAO Penman-Monteith para determinar la evapotranspiración de referencia (FAO.org, 2015).

2.2.5. Diseño de sistemas de abastecimiento de agua para riego para poblaciones pequeñas

Al hablar del desarrollo de una región, sector o comunidad, tenemos que involucrarnos en sus formas de subsistir y sus fuentes de ingreso, es importante entonces; tener conocimiento de su calidad de vida y entre los aspectos prioritarios en una comunidad rural, sus actividades agropecuarias, los sistemas de abastecimiento de agua para riego con los que cuentan y la medida de servicio eficiente o ineficaz que ofrecen para sus cultivos.

En el diseño de elementos que permitan garantizar un sistema de abastecimiento de agua, es necesario tener en cuenta algunos aspectos tales como los tipos de cultivo, las hectáreas cultivables, las características de uso de agua (el cual varía en función de factores como el clima y los usos) y sus formas de riego. Estos aspectos, entre otros, deben ser analizados con la finalidad de garantizar que las obras de abastecimiento de agua proyectadas sean

efectivas y satisfagan las necesidades de la comunidad para el período de diseño seleccionado para la obra (Ingeniería Civil Tutoriales, 2015).

2

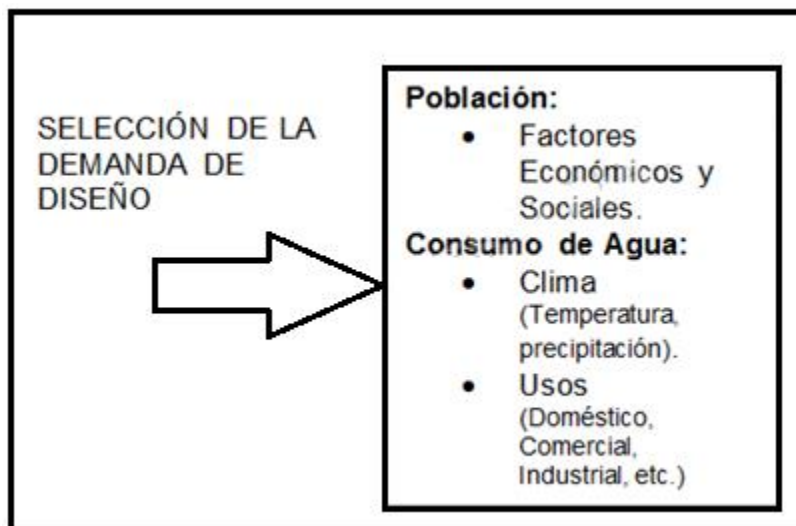


Figura 5. Consideraciones para la demanda de diseño

En un sistema de abastecimiento de agua se considera que el objetivo primordial es conducir y garantizar suficiente agua desde una fuente de suministro (Embalse, río, lago, sistemas existentes, entre otros) hasta los consumidores finales, que en nuestro caso en particular serán los cultivos.

La atención a los diferentes usos posibles en el sistema nos permitirá definir, con la mejor aproximación posible, la cantidad total de agua demandada y con ello establecer las dimensiones de las obras requeridas para dicho sistema (Ingeniería Civil Tutoriales, 2015).

2.2.5.1. Factores para implementación de sistema de agua en la agricultura

Los factores que se toman en cuenta en el estudio de la creación del sistema de riego y que se consideran las que afectan directamente a la realización de las obras son:

Factores Económicos

Factores Sociales

Factores Técnicos

En cuanto al Factor Económico, el sistema de agua para riego es de gran importancia y magnitud para satisfacer las necesidades del sector agropecuario que es la parte del sector primario compuesta por el sector agrícola (agricultura) y el sector ganadero o pecuario (ganadería), logrando considerar que el diseño debe estar estrechamente vinculado de la mayor cantidad de facilidades, con costos manejables y que sea factible el financiamiento del mismo en el medio rural.

En el Factor Social se considera que debe ser un tema debatido con frecuencia en los directorios de agua, ya que del mismo depende el futuro agropecuario del sector. Las personas que conforman las comunidades deben estar organizadas y dispuestas a tener una planificación adecuada en cuanto al manejo y la administración del sistema, y estar conscientes que este proyecto es de beneficio para todos.

Dentro del Factor Técnico se refiere a todos los datos, cálculos e información que se recopiló. Información que ayuda a la creación del proyecto de riego y que además funcione correctamente ya que es de vital importancia dentro de lo que es las obras propias de ingeniería, principalmente cuidando la seguridad y funcionamiento adecuado.

La presente tesis se centra en el análisis de los factores mencionados para que el desarrollo del proyecto cumpla con las necesidades, requerimientos y cumpla con todas las expectativas.

2.2.5.2. Fases para dimensionar el sistema

Siendo un proyecto real de transformación de regadío llevado a cabo en una explotación de los cultivos en el sector. Los cálculos se han simplificado al máximo para facilitar la comprensión del caso.

A la hora de dimensionar el sistema de riego localizado se distinguen dos fases:

- **Diseño agronómico**, que basándose en factores de producción vegetal (clima, precipitación, humedad, viento, insolación, suelo, planta) permitirá conocer el caudal de agua necesario para cubrir las necesidades hídricas del cultivo.
- **Diseño hidráulico**, que garantice una óptima distribución del caudal arriba determinado, mediante un dimensionado óptimo de la red de riego y de los elementos que la componen.

2.3. CROPWAT

2.3.1. Introducción

La Organización de las Naciones Unidas con oficina en Roma, se dedica al estudio y asesoría sobre la agricultura y la alimentación, que es la Food and Agriculture Organization (FAO).

Esta organización, desarrolló un software que utiliza el método de la Fao Penman-Monteith para determinar la evapotranspiración de los cultivos (ET), que posteriormente sirve para estimar las necesidad de agua en los cultivos y el requerimiento de agua en base el calendario anual de riego que ayuda para la toma de decisiones en el manejo de los cultivos tanto a nivel de parcela como al de un perímetro de riego o área más o menos compleja que incluya una combinación de cultivos bajo riego.

El programa denominado CROPWAT para Windows, que se descarga gratuitamente en el sitio web de la FAO (<http://www.fao.org>)

2.3.2. Información para acciones y cálculos del software

Los datos que requiere la ecuación de Penman-Monteith para el correcto funcionamiento del software, se describe a continuación:

- Temperatura media máxima y mínima (°C): registros de temperatura obtenidos de los anuarios meteorológicos.
- Humedad relativa (%): registros de humedad relativa obtenidos de los anuarios meteorológicos.
- Velocidad del viento (km/h): registros de velocidad del viento obtenidos de los anuarios meteorológicos.
- Radiación solar (horas): registros de horas de radiación o luz solar obtenidos de los anuarios meteorológicos.
- Precipitación mensual efectiva
- Tipo de cultivo y factores de cultivo (Kc).
- Fechas de inicio de la cosecha de los cultivos.

- Tipo de suelo.
- Eficiencia del sistema de riego.

Esta herramienta útil que permite un análisis rápido y eficiente de un posible calendario de riego, considera datos reales de cada zona. Considerando el comportamiento climático y características del cultivo, acercándose a un modelo real que permita tomar decisiones en la agricultura.

CAPITULO 3

DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

3.1. Localización del proyecto

3.1.1. Localización Geográfica

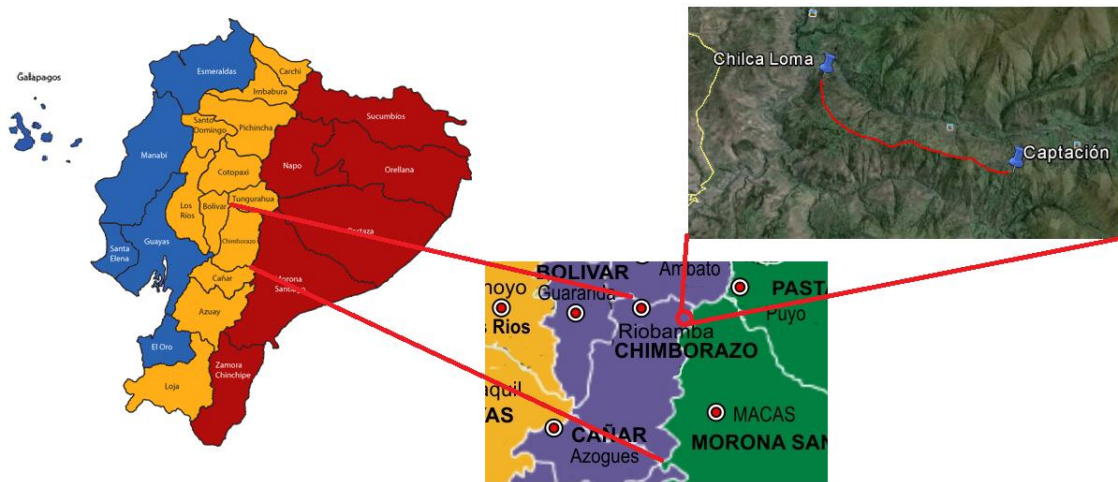


Figura 6. Ubicación política del proyecto.

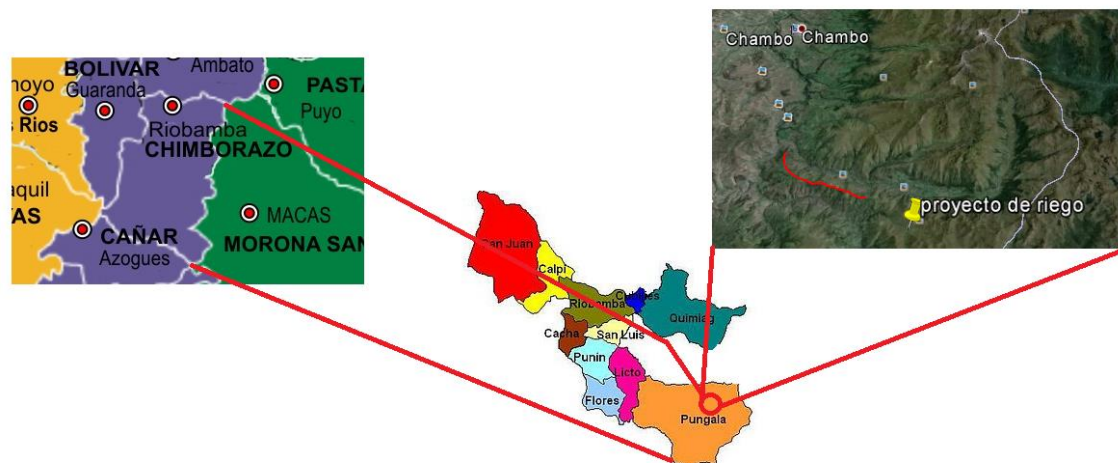


Figura 7. Ubicación del Proyecto Calseg Puruhuay

El área de estudio del proyecto Calseg Puruhuay, se encuentra en la parroquia rural Pungala, aproximadamente a 30 Km al Sur-Oeste de la ciudad de Riobamba, Capital de la

Provincia de Chimborazo, en la zona centro del país y a una distancia de 200 kilómetros de Quito, Capital del Ecuador .

Dentro del área de influencia del proyecto, se encuentran las cabeceras parroquiales de Pungala y Alao.

Los límites del área de influencia directa del riego son:

- Norte: Conlindante con el cantón Chambo desde la cota 3.428 msnm en la comunidad Puruhuay San Gerardo aguas abajo hasta el sitio de captación en la cota 3.800 msnm.
- Este: Desde el sitio Chilca Loma en la cota 3.178 msnm en línea recta agua arriba este oeste hasta la intersección de la Quebrada Chanilla (3.800 msnm), en dirección a la provincia de Morona Santiago.
- Sur: Desde la unión de las vertientes del río Zanampala y vertientes naturales que nacen de la quebrada Chanilla, hasta la comunidad Puruhuay San Gerardo en la cota 3.428 msnm, en dirección al cantón Guamote parroquia de Cebadas.
- Oeste: Desde la quebrada Chanilla en la cota 3.800 msnm línea recta en sentido norte este hasta el poblado de Chilca Loma, en dirección a la parroquia de Licto.

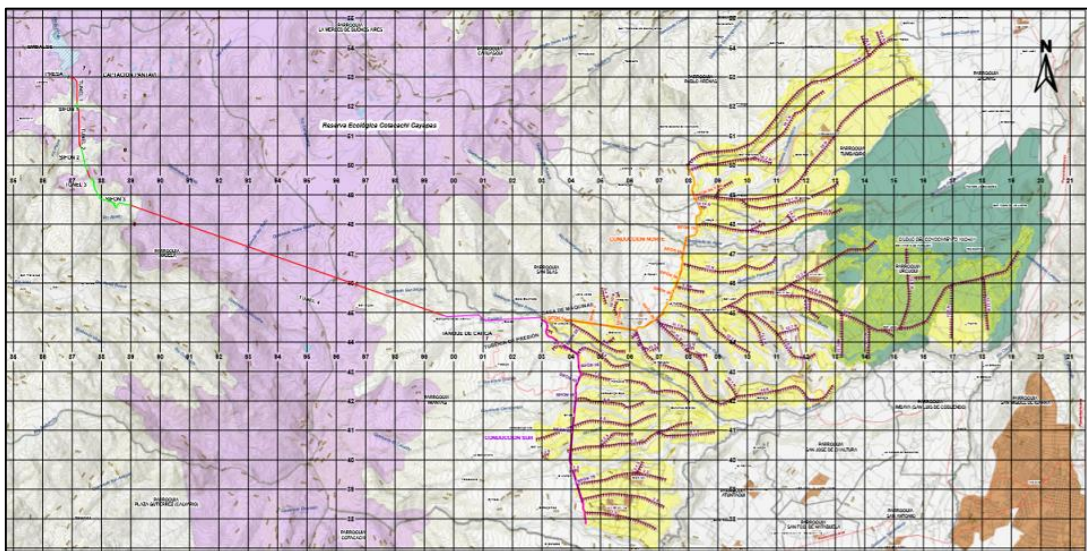


Figura 8. Mapa base con las áreas del proyecto desde la captación y zonas de riego.

3.1.2. Localización del sitio de captación.

El Proyecto Calseg Puruhuay se encuentra ubicado en la Provincia de Chimborazo, Cantón Riobamba, Parroquia Pungala, entre las coordenadas X: 9791179, Y: 774187 en la cota de captación a una altitud de 3800 y X: 9796076, Y: 767985 en la cota de finalización del proyecto a una altitud de 3178, tal como se muestra en la imagen:

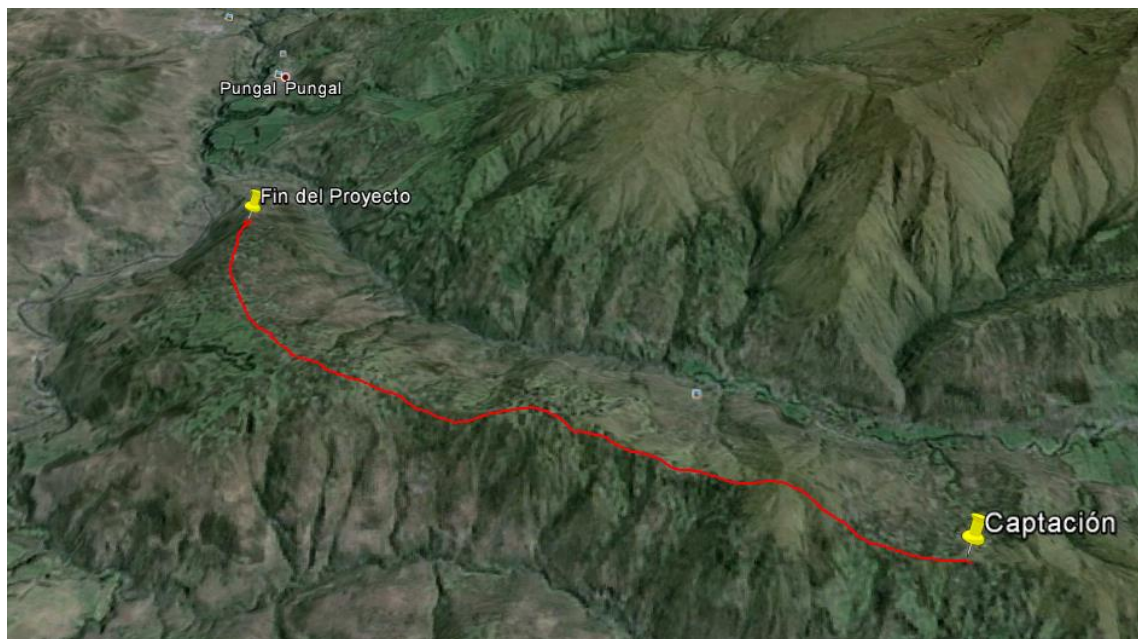


Figura 9. Coordenadas del proyecto, Zona de riego ramal Oeste-Este

3.1.3. Localización de las zonas de riego.

En la zona de Calseg Puruhuay, se encuentran doce comunidades que tienen la necesidad de agua para riego, las cuales se enumeran a continuación:

1. Melan
2. Etén
3. Niño Loma
4. San Francisco de Apuñag
5. San Francisco de Calquis
6. Shanaycun

7. Rayo Loma
8. Puruhuay San Gerardo
9. Santa Rosa de Gaunan/ Cochapamba
10. Agua Santa
11. Puruhuay Llantapamba
12. Puruhuay Pamba.

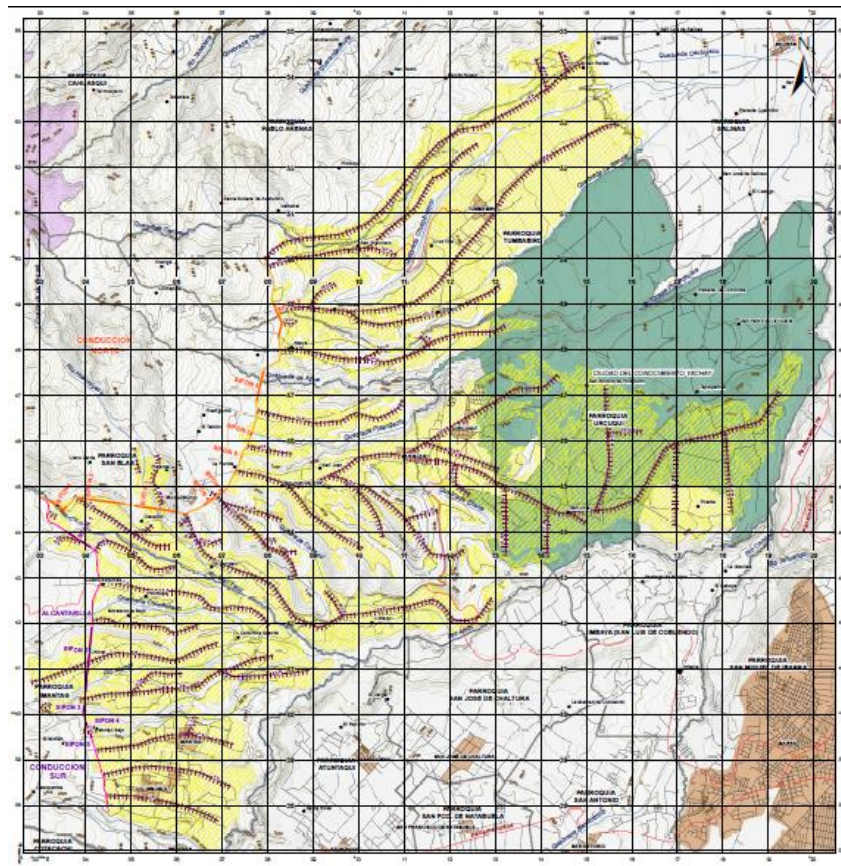


Figura 10. Cabeceras parroquiales del área de riego.

3.1.4. Cuenca hidrográfica principal.

Las aguas previstas para este proyecto, serán captadas básicamente de las vertientes naturales que forman el río Zanampala. Con la finalidad de garantizar el caudal de diseño se ha previsto la construcción de un “Azud”, localizada en la unión de dos vertientes naturales que forman parte del río. La zona de captación, se ubica en coordenadas geográficas en la latitud $1^{\circ} 52'41.2961''$ y la longitud $78^{\circ} 30'40.4477''$ a una altitud de 3800 msnm.

3.2. Estudio de cuenca y micro cuenca del proyecto

3.2.1. Introducción

Para el presente estudio el proyecto “Calseg Puruhuay” y dotar de agua a las comunidades del sector perteneciente a la parroquia rural Pungala, es necesario definir ciertas características climatológicas, estos estudios principalmente nos ayuda a obtener un mejor y certero resultado para la realización del proyecto.

La información principal que se utilizará en el estudio serán los registros publicados anuales del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), que luego del INECEL opera y mantiene las estaciones meteorológicas e hidrológicas en la zona circundante al Proyecto. Los registros tiene periodos en los que no cuenta con datos y presenta anomalías en las series; sin embargo, los datos climáticos, hidrológicos y de transporte de sedimentos en suspensión son suficientes para un conocimiento aceptable de la variabilidad climática, para evaluar la disponibilidad de caudales y conformar un modelo de lluvia-escorrentía que nos permita determinar los caudales máximos; así como, para estimar el transporte total anual de sedimentos en suspensión del río hasta nuestro sitio de interés.

Para una etapa posterior de diseño se deberá tomar en consideración el análisis de las concesiones de agua presentes en la cuenca mediante reconocimientos de campo y obtención de información temática. Adicionalmente se vuelve imprescindible la necesidad de realizar campañas intensivas de aforos líquidos, sólidos y muestreo de material de fondo para un mejor conocimiento de la realidad hidrológica del río Zanampala.

Para lograr este objetivo se debe recabar la siguiente información:

- Una base de datos que soporte todo los análisis y cálculos hidrológicos, climatológicos y sedimentológicos de la zona.
- Valorar la calidad y representatividad de los registros disponibles y establecer la metodología a emplearse para la determinación de los parámetros o características hidrometeorológicas para zona de interés e influencia.
- Establecer las características climáticas, tanto para la cuenca en estudio como para los sitios de obra del aprovechamiento, tomando en cuenta la variabilidad espacial y temporal del clima en el sector.

- Establecer caudales máximos, medios y mínimos del río Zanampala en el sitio de captación, que permita evaluar la disponibilidad de agua para el proyecto en base a una metodología de traspaso de caudales sustentada en varios conceptos hidrológicos.
- Establecer una tasa total de arrastre de sedimentos del río al sitio de captación del Proyecto.

Conjuntamente se cuenta con información brindada por la comunidad con el fin de comprobar si las estaciones escogidas tiene relación con los datos del sector del proyecto, los datos brindados por las estaciones, información importante como: temperatura, velocidad del viento, humedad, y precipitaciones.

3.2.2. Ubicación general de la Cuenca

En el sitio de captación de la cuenca del río Zanampala ubicado en la Provincia de Chimborazo, cantón Riobamba, parroquia Pungala; tiene un drenaje desarrollado en sentido este – oeste en un área de 631 km² y escarpes importantes del terreno asociando una pendiente media de la cuenca del 4%. La corriente principal de las aguas nace en las estribaciones de la cordillera sur oriental del país a una altitud aproximada de 4500 msnm que discurren por la quebrada Chanilla hasta la sección de emplazamiento de la obra de toma del Proyecto confluyendo con cauces de orden medio. La pendiente media ponderada del río es de 20%.

En las siguientes Gráficos se observa la cuenca hidrográfica del río Zanampala.



Figura 11. Cuenca del Río Zanampala – Imagen Satelital

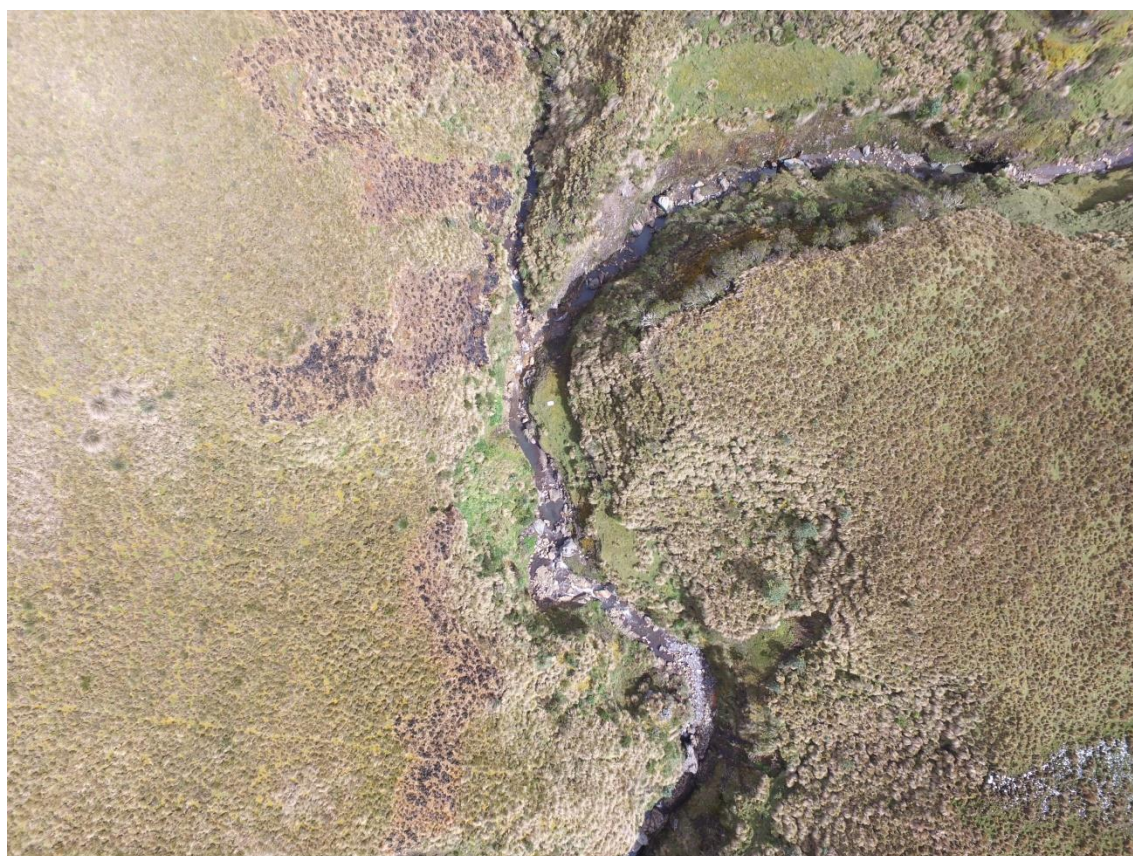
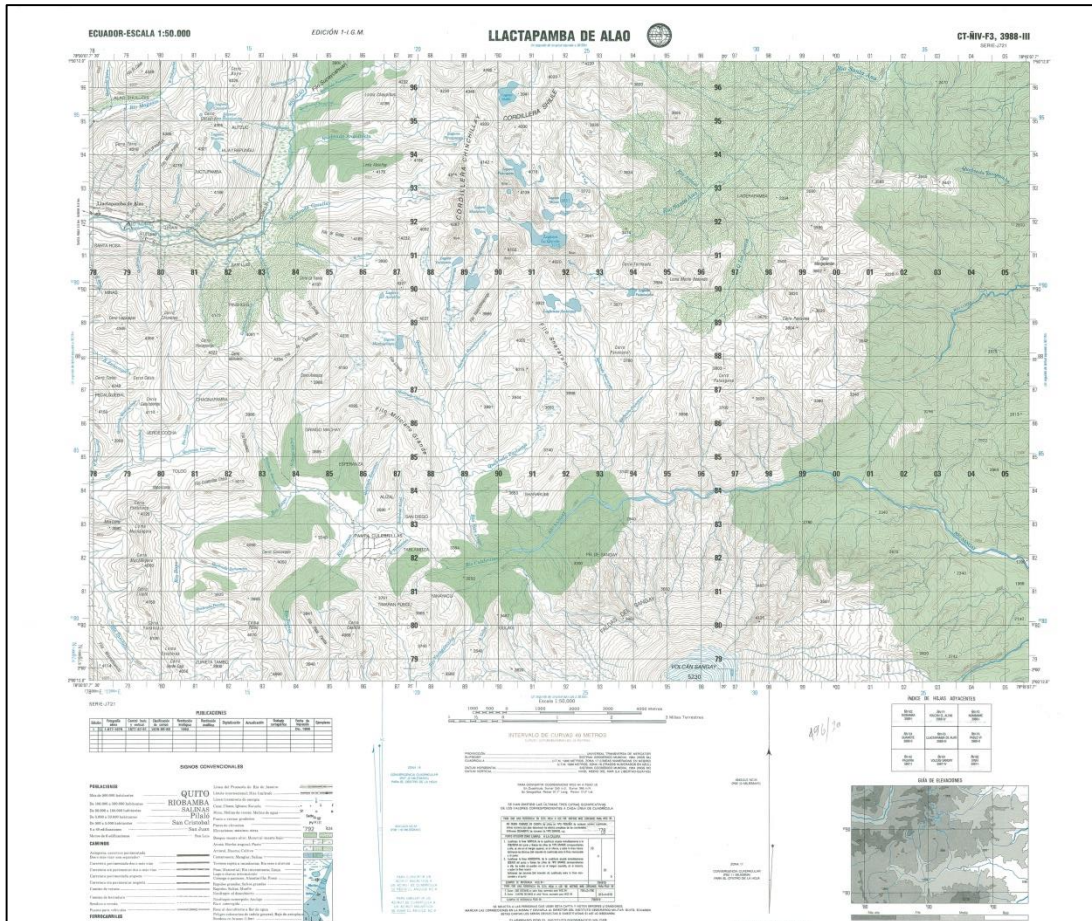


Figura 12. Cuenca del Río Zanampala – Vista Planimétrica

3.2.3. Características Físico – Geográficas

Para el estudio de las microcuencas e identificación de las características Físico – Geográficas de la zona del proyecto, las cartas topográficas de Llactapamba de Alao y Guamote, del Instituto Geográfico Militar (IGM) a escala 1:50 000 que cuentan con curvas de nivel cada 40m, serán útiles.



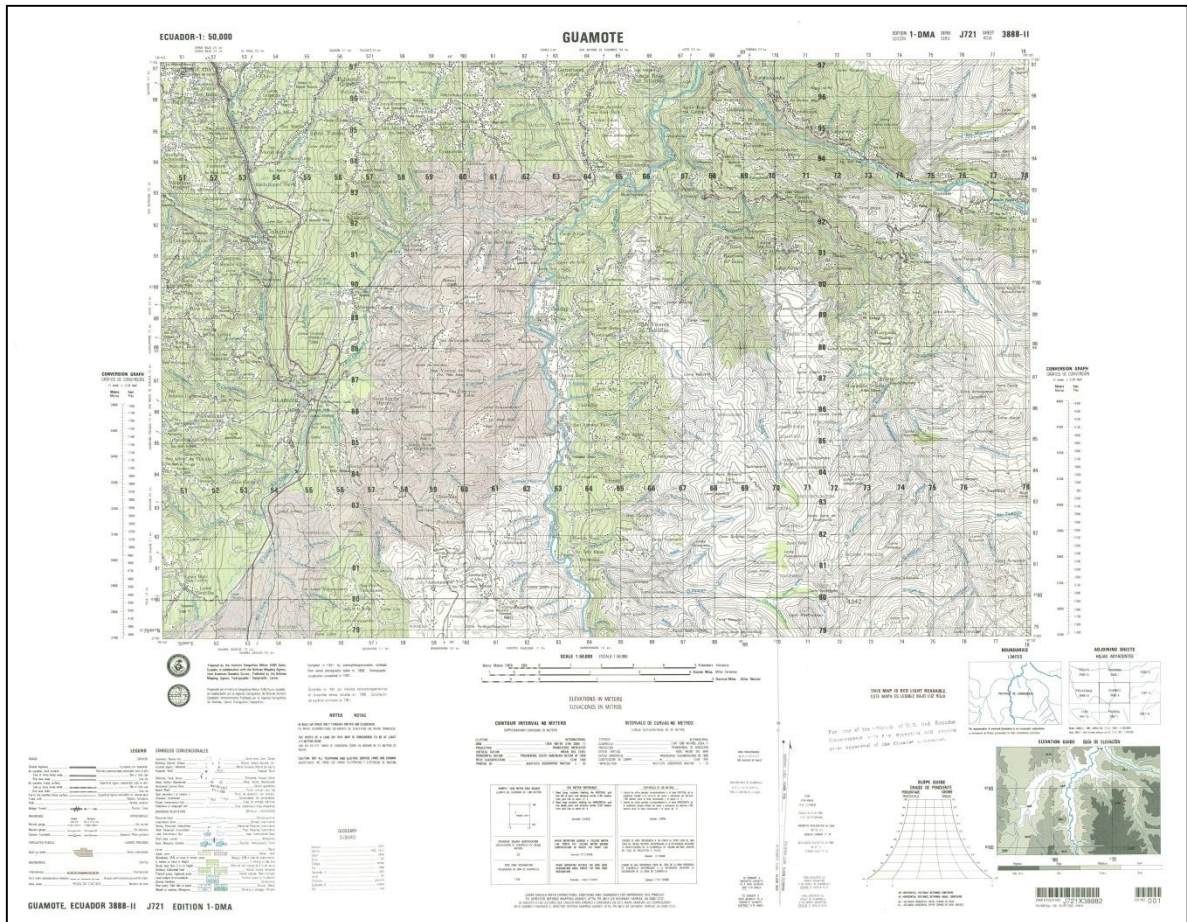


Figura 13. Cartas Topográficas de Llactapamba de Alao y Guamote.

3.2.4. Área de Drenaje

Es el área plana (proyección horizontal) incluida entre su divisoria topográfica expresada en km.

3.2.5. Coeficiente de Compacidad o Gravelious (kc)

Es la relación que existe entre el perímetro de la cuenca y el perímetro de una circunferencia de área igual a la de la cuenca, es una característica adimensional.

$$K_2 = 0.282 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

P: Perímetro de la cuenca (km)

A: Área total de la cuenca (km²).

3.2.6. Factor de Forma (kf)

Es la relación entre el ancho medio y la longitud axial de la cuenca. La longitud axial de la cuenca se mide cuando se sigue el curso de agua más largo desde la desembocadura hasta la cabecera más distante de la cuenca es una característica adimensional.

$$K_f = \frac{A}{L^2}$$

L: Longitud axial de la cuenca (km)

A: Área total de la cuenca (km²).

3.2.7. Pendiente Media de la Cuenca (S)

Esta característica incide en la velocidad con la que se concentra la escorrentía superficial y afecta, por lo tanto, al tiempo de concentración del agua lluvia para concentrarse en los lechos fluviales que constituyen la red de drenaje de las cuencas, se expresa en porcentaje (%).

$$S = \frac{D \cdot L_l}{A}$$

D: Diferencia de cotas promedio entre las curvas de nivel interpoladas, representativas de la curva de nivel “i” (km)

LL: Longitud total de todas las curvas de nivel en la cuenca, (km); y, A: área total de la cuenca (km²)

3.2.8. Pendiente Media del Cause

Para la determinación, se generaron los perfiles de los cauces principales en base a la cartografía; y posteriormente en dichos perfiles se trazó la línea ponderada que permite definir áreas iguales entre el perfil del cauce arriba y abajo de dicha línea; la pendientes se expresa en (%).

Cota.- Referida a la cota de la sección de cierre de las cuencas y subcuencas en metros sobre el nivel del mar (msnm).

A continuación se resume las características de la cuenca del río Zanampala.

Tabla 2.
Características Físicas de la Microcuenca

Nº	CARACTERISTICAS	UNIDAD	VALOR
1	Área de la cuenca	Km ²	60,1
3	Pendiente media	%	4
4	Perímetro de la cuenca	km	94,80
5	Índice de gravelous	s/u	1.43
6	Factor de forma	s/u	0.18

El río Zanampala cuenta con una cuenca de drenaje relativamente pequeña previa a su desembocadura al río Chambo por margen izquierdo, se observa un relieve de la cuenca medianamente accidentado con medias pendientes y pendientes altas inclusive mayores al 60% en zonas localizadas en la franja de cabecera con una cobertura vegetal importante de bosque intervenido. La cuenca en la zona media y baja presenta menores pendientes en el terreno con una importante presencia de actividades antrópicas tales como pequeñas caseríos, granjas avícolas y zonas cultivadas; por ende la cobertura vegetal es de menor calidad en términos hidrológicos para la cuenca, ya que se observa pastizales, matorrales y suelos erosionados en menor proporción, situación que afecta directamente a la capacidad de autorregulación de caudales de la cuenca del río Zanampala.

3.3. Características climatológicas e hidrológicas del proyecto

3.3.1. Introducción

En el área del proyecto hay factores que modelan el clima, tales como la ubicación del territorio dentro de la zona ecuatorial, la altitud geográfica, la proximidad y orientación respecto a la cordillera de los Andes y el sistema de circulación de los vientos. Poniendo el mayor interés a la cuenca de implementación de obra del Proyecto de agua para riego “Calseg Puruhuay”.

Toda esta información ha sido obtenida de los anuarios meteorológicos publicados por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología del Ecuador (INAMHI), las estaciones. Cada una de las estaciones que el INAMHI presenta en los anuarios se encuentran

publicadas con su código, nombre, ubicación geográfica (latitud, longitud y elevación), ubicación política (código de provincia), Institución propietaria, fecha de observación y de levantamiento. Se ha codificado las estaciones existentes según su tipo:

Tabla 3. Estaciones Meteorológicas de Interés

CÓDIGO	NOMBRE DE LA ESTACIÓN	COORDENADAS		ALTITUD (m)	PROVINCIA	TIPO	INSTITUCIÓN
		LATITUD_G	LONGITUD_G				
M0396	Alao	1G 53' 0" S	78G 29' 0" W	3200	Chimborazo	PV	INAMHI
M0395	Cebadas	1G 54' 28" S	78G 38' 27" W	2930	Chimborazo	PV	INAMHI
M0407	Licto	1G 48' 20" S	78G 36' 0" W	2840	Chimborazo	PV	INAMHI
M1209	Totorillas	2G 0' 54" S	78G 43' 20" W	3210	Chimborazo	CO	INAMHI

Para facilitar la comprensión del inventario de las estaciones meteorológicas se detalla a continuación la descripción de la codificación utilizada para el tipo de estación, de la cuenca hidrográfica.

Tabla 4. Codificación de las estaciones

Código del tipo de estación	Equivalencia
AP	Agrometeorológica
CP	Climatológica Principal
CO	Climatológica Ordinaria
CE	Climatológica Especial
AR	Aeronáutica
RS	Radio Sonora
PV	Pluviométrica
PG	Pluviográfica
PC	Plataforma colectora datos.
AN	Anemográfica

Estas estaciones tienen información específica de los datos necesarios para el desarrollo de un proyecto tal como el nuestro, ya que está relacionado directamente con la climatología del sector.

En el siguiente mapa podemos observar las distintas estaciones meteorológicas que se encuentran cerca del lugar de interés, como podemos observar las estaciones antes mencionada se encuentran muy cercanas al sitio del proyecto.

Localización de estaciones meteorológicas por cuencas hidrográficas del Ecuador

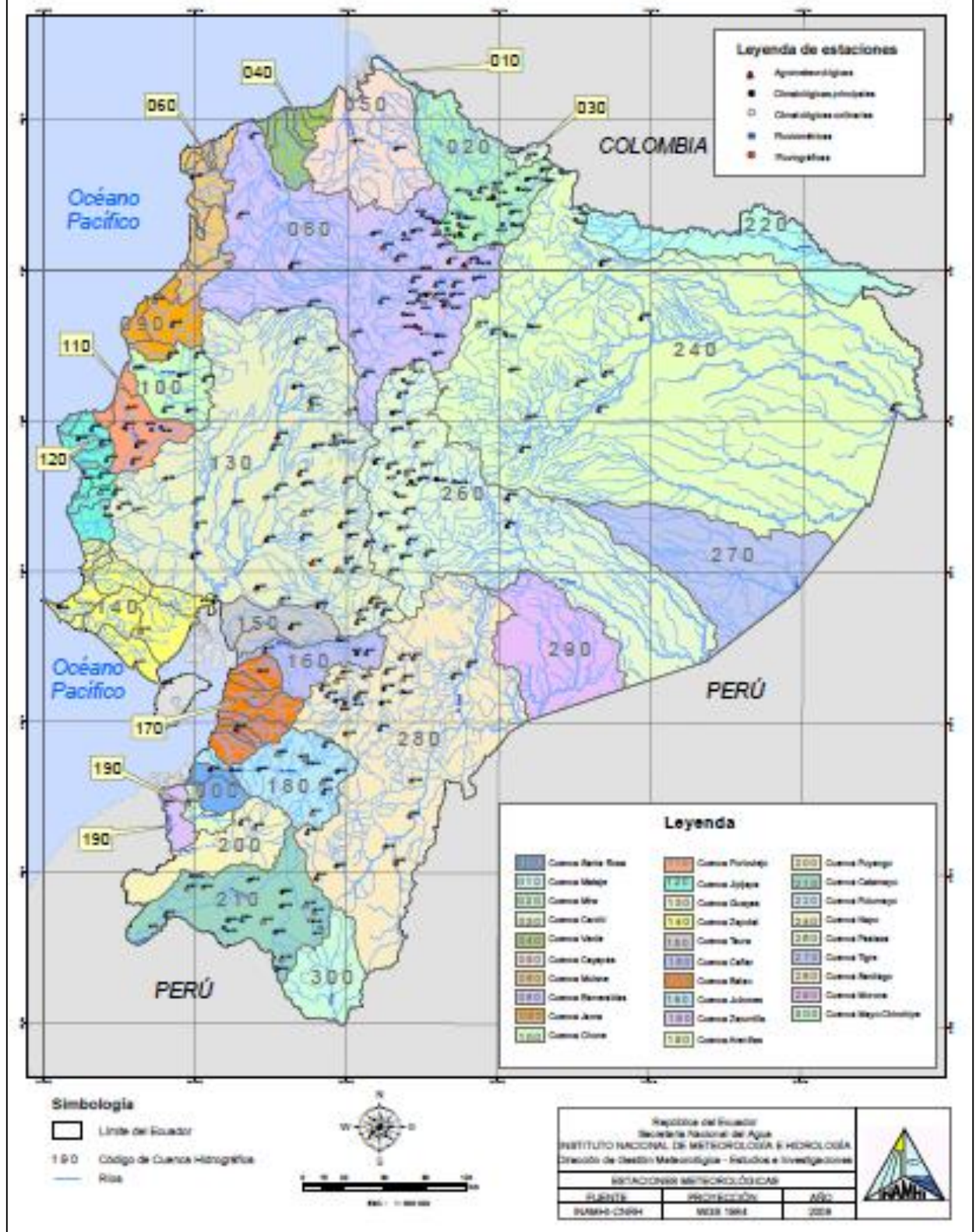




Figura 14. Mapa ubicación estaciones meteorológicas (anuario 2008) INAMHI

3.3.2. Precipitación media de la cuenca

Para la determinación de la precipitación media anual (mm) de la cuenca de interés se adoptó el cálculo a través del mapa de isoyetas o líneas de igual lámina de precipitación en base a los datos brindados por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI).

El método de isoyetas se fundamenta en la variación espacial gradual de la precipitación en la cuenca de drenaje, y se construye en base a los registros anuales medios (multianuales).

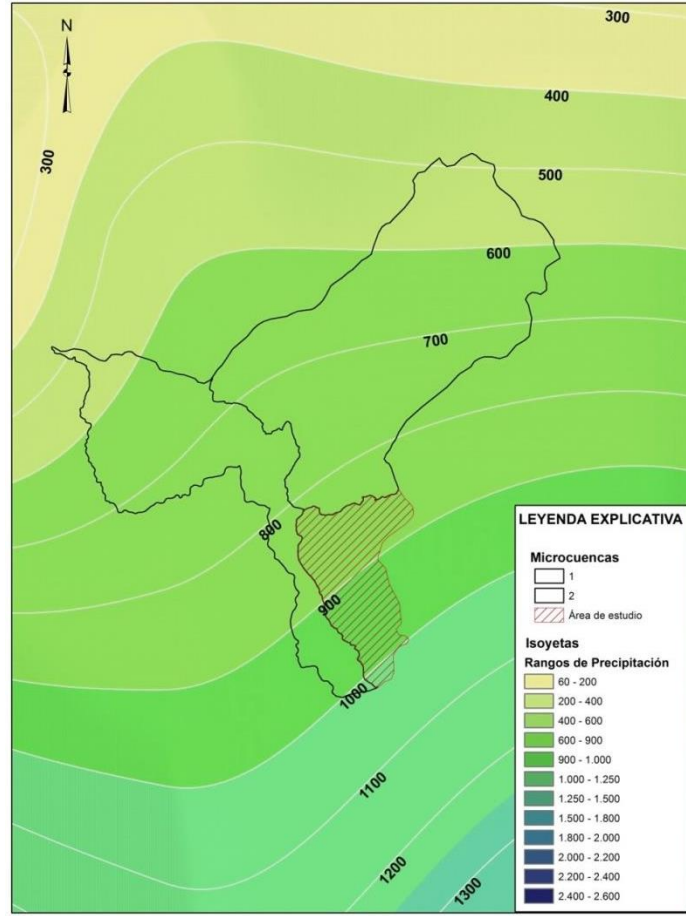


Figura 15. Mapa de Isoyetas Anuales

A través de procedimientos gráficos (interpolación y extrapolación) se definen las isolíneas de igual precipitación anual, y la determinación de la precipitación anual media se realiza mediante la siguiente relación:

$$P = \left[\frac{\sum_{i=1}^{n-1} \left(\frac{P_i + P_{i+1}}{2} \right) * A_{i,i+1}}{A} \right]$$

Precipitación anual media, (mm).

P_i: precipitación anual media de la estación i, (mm).

N: curva de igual precipitación, (mm).

A_{i,i+1}: área entre las curvas de igual precipitación i e i+1, (mm).

A: área total de la cuenca, (km²).

3.3.3. Lluvias intensas

La intensidad de lluvia debe ser obtenida para diferentes periodos de retorno y para una duración de lluvia igual al tiempo de concentración, es decir se debe obtener las curvas intensidad – duración – frecuencia para la zona de estudio.

En base al estudio "Estudio de Lluvias Intensas"(INAMHI, 1999), que se sustenta en conceptos de regionalización, se determinaron las relaciones intensidad - duración – período de retorno, que permiten la determinación de las intensidades máximas para duraciones entre 5 min y 24 horas. Para el efecto el INAMHI define zonas con sus respectivas ecuaciones intensidad – duración – período de retorno.

La cuenca del río Zanampala se localiza en la zona 280 del INAMHI y las ecuaciones se muestran en la siguiente tabla.

I: Intensidad de precipitación, (mm/h)

T: Duración de la lluvia, (min)

$I_{d_{TR}}$: Intensidades de lluvia máxima para 24 horas, con período de retorno asociado, que se determinan de las tablas incluidas en el mismo informe del INAMHI -1999, (mm/h).

Tabla 5. Ecuaciones Intensidad – Duración – Frecuencia para las zonas

CÓDIGO	NOMBRE DE LA ESTACIÓN	DURACIÓN	ECUACIÓN
M0396	Alao	5min<36min 36min<1440min	$I_{TR} = 157,96e^{-0,5729}I_{d_{TR}}$ $I_{TR} = 347,4e^{-0,798}I_{d_{TR}}$

Tabla 6. Intensidad Máximas –Área Sur (zona 280)

CÓDIGO	NOMBRE DE LA ESTACIÓN	COORDENADAS			INTENSIDAD				
M0396	Alao	Lat:3°16'28"	Lon:79°18'46"	1550 msnm	5 1,60	10 1,80	25 2,10	50 2,30	100 2,50

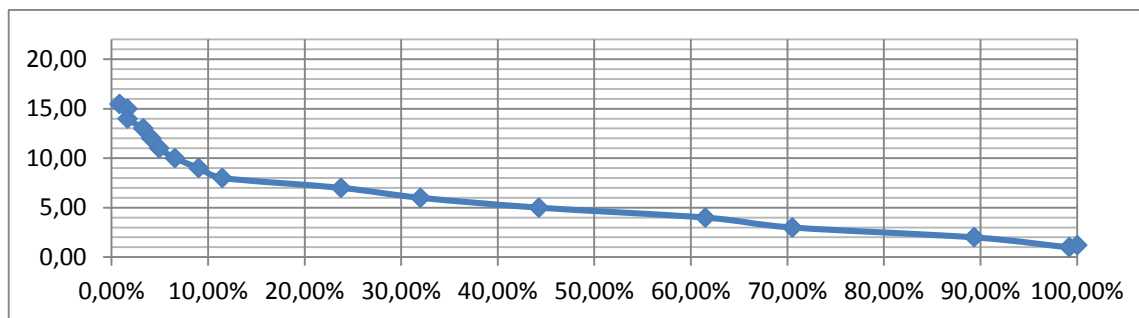


Figura 16. Curvas IDF Cuenca del Río Zanampala

Como se expresó anteriormente las estaciones que se usó como fuente de datos para la realización de este proyecto son Alao, Licto, Cebadas y Totorillas, estaciones que contienen datos de un periodo entre 1965 al 2014 con precipitaciones totales diarias lo que es de gran utilidad porque se tienen alrededor de 49 años de información.

En la tabla adjunto en los anexos, se presentan la información del registro de la serie de datos disponibles de la pluviometría del sector.

Al realizar la estadística de los datos del registro de precipitaciones totales diarias y procesados con sus líneas de tendencia se obtuvo como precipitación media mensual para la cuenca los siguientes valores:

Tabla 7. Precipitación media mensual (mm).

PRECIPITACION EN CUENCA	
ENERO	4,63
FEBRERO	6,17
MARZO	3,83
ABRIL	5,37
MAYO	3,00
JUNIO	8,42
JULIO	7,20
AGOSTO	3,23
SEPTIEMBRE	3,14
OCTUBRE	3,53
NOVIEMBRE	3,78
DICIEMBRE	3,20

En el siguiente gráfico, se representan los valores de las precipitaciones mensuales medias en un periodo de 49 años. Se observa que el sector Calseg Puruhuay tiene baja cantidad de

lluvia especialmente en los meses de Mayo, Agosto, Septiembre, Diciembre y sus máximas precipitaciones llegan en el mes de Junio.

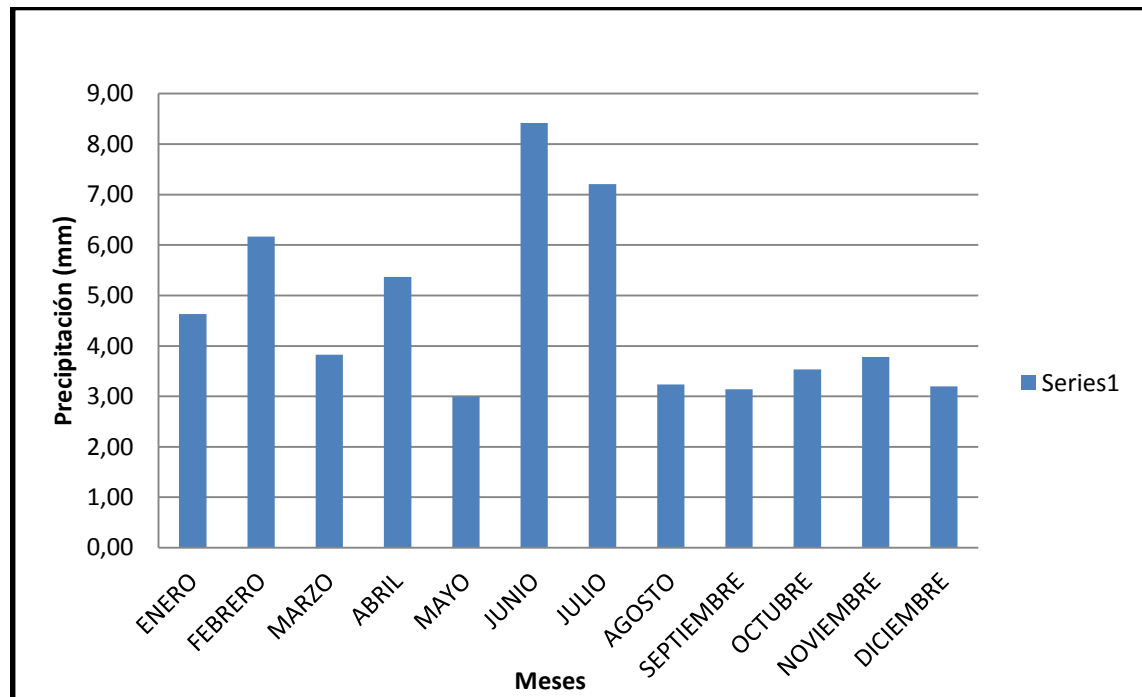


Figura 17. Precipitación media del periodo de 49 años en la cuenca del proyecto.

Por lo tanto, en los meses de Mayo, Agosto, Septiembre y Diciembre donde los moradores de la zona beneficiados del proyecto van a tener mayor necesidad de agua para sus cultivos y el sistema de riego va a trabajar a plenitud.

3.3.4. Temperatura

La temperatura del sector es uno de los factores que influyen para la producción de los cultivos, la cual limita a cultivar ciertos productos que sean aptos en el sector.

En las comunidades de Calseg Puruhuay se tiene una temperatura ambiente que presenta variaciones significativas durante el transcurso del año, registrándose como el máximo valor 22° C, el mínimo de 8° C durante las noches y madrugadas principalmente, datos basados de la página web FREEMETEO.EC la cual tiene publicada datos de su estación meteorológica del sector Pungala de varios años; y comprobados en campo con personas que habitan en la zona que respaldan esta información. La temperatura ambiente está

influenciada por los vientos provenientes de la zona norte, y occidental por la cercanía de los volcanes Altar y Sangay.

Son estos datos de la temperatura una referencia para el estudio, ya que afecta directamente a la evaporación del agua que se va a utilizar para el cultivo. Los meses de Febrero, Marzo, y Abril son los que presentan el mayor valor de temperatura, mientras que los meses desde Junio hasta Septiembre son los que presentan valores ligeramente más bajos con respecto a la media anual.

Tabla 8. Temperaturas mínimas y máximas mensuales (° C).

Mes	Temp Mín	Temp Máx
	°C	°C
<i>Enero</i>	10	20
<i>Febrero</i>	10	23
<i>Marzo</i>	10	22
<i>Abril</i>	10	21
<i>Mayo</i>	10	20
<i>Junio</i>	9	19
<i>Julio</i>	8	21
<i>Agosto</i>	8	19
<i>Septiembre</i>	9	21
<i>Octubre</i>	10	20
<i>Noviembre</i>	8	21
<i>Diciembre</i>	9	22

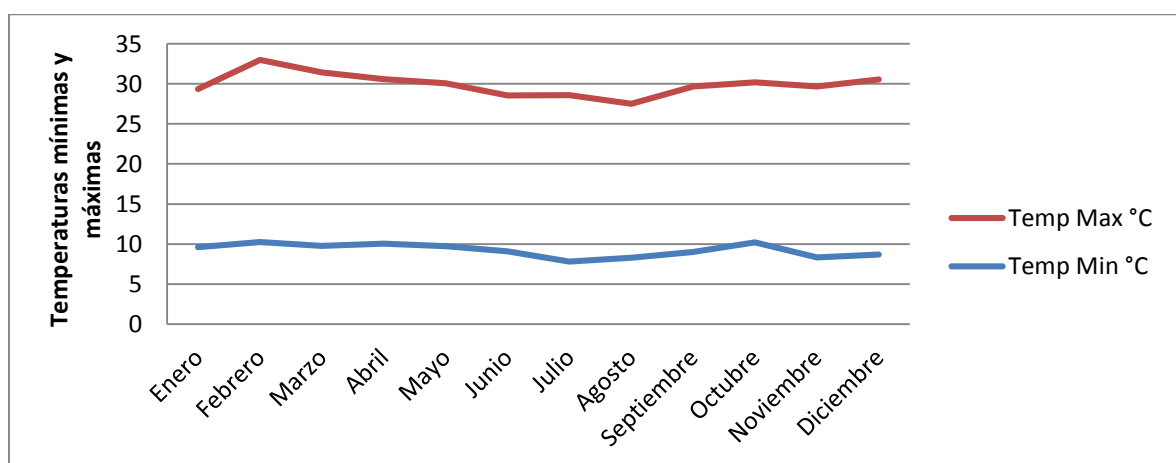


Figura 18. Temperaturas máximas y mínimas del cantón Pungala, año 2015.

La temperatura promedio del cantón Pungala es de 15°C; sin embargo, en el transcurso del tiempo ha sido evidente la inestabilidad de la temperatura. Y con este gráfico que se presenta se puede identificar de mejor manera y tener una idea global de la temperatura no solo de nuestro proyecto sino del todo el país.

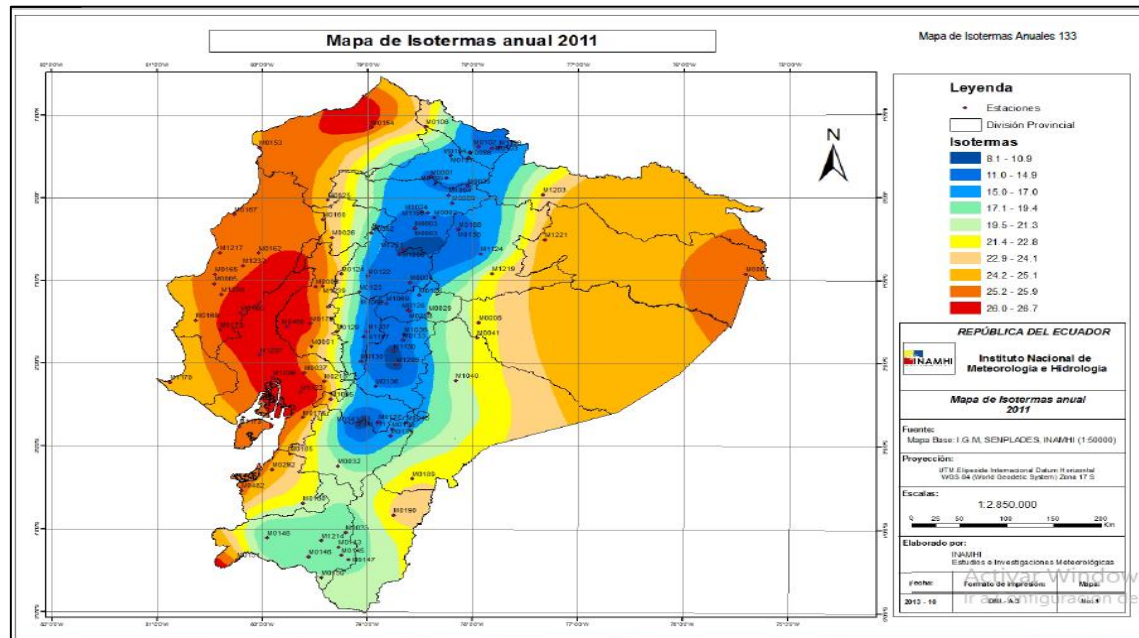


Figura 19. Mapa de distribución anual de la temperatura media año 2011 (INAMHI)

Se estima que para el año 2030, si la temperatura aumenta en 2°C y la lluvia se reduce un 15%, se afectará la oferta de alimentos, por ejemplo la papa en un 34%, colocando a las poblaciones rurales vulnerables en una crisis alimentaria.

3.3.5. Hidrografía

Para realizar la captación del río Zanampala se determinó varias características en función de la ubicación del punto de cierre del proyecto. En estos estudios se utilizan datos importantes tales como: el caudal, la cuenca a la que pertenece el río, cauce o lecho, erosión, sedimentación fluvial, se utilizan datos de observaciones que son valores aleatorios en diversos parámetros que fueron obtenidos en las visitas de campo, los datos que proporcionó cada comunidad y datos del INAMHI, cuya variabilidad en el tiempo es grande.

3.3.6. Caudal

Del análisis de las características hidrográficas para la cuenca del río Zanampala en el punto de cierre para el proyecto se definió la siguiente curva de duración general de caudal:

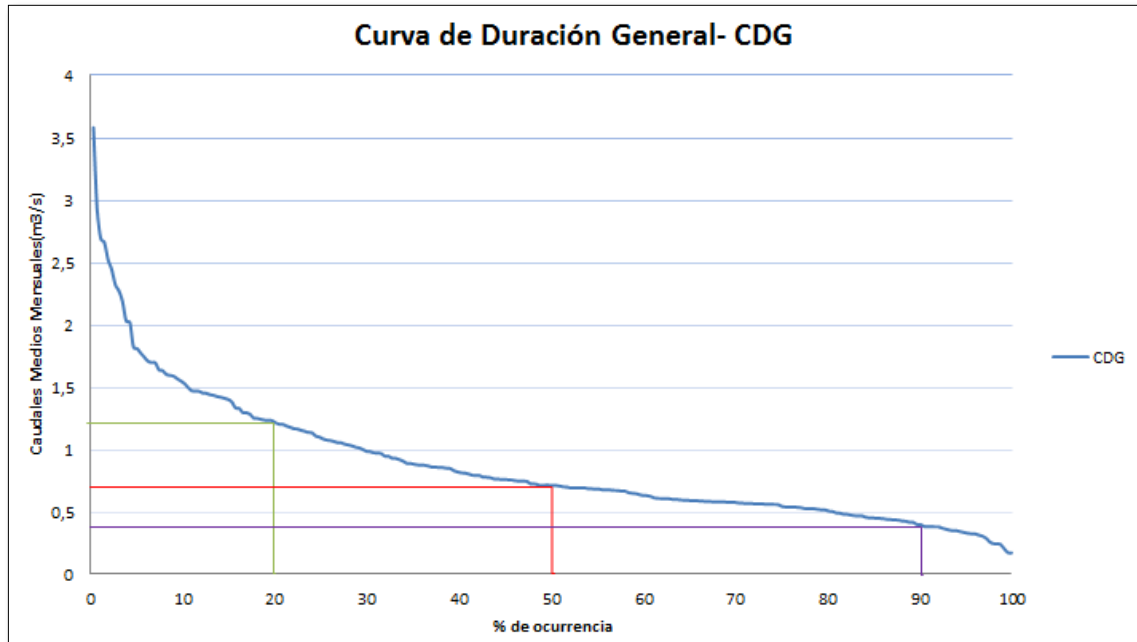


Figura 20. Curva de Duración General del río Zanampala en el punto de cierre

La Curva de Duración General de caudales, puede ser definida con caudales diarios, mensuales y anuales, misma que consiste en la representación gráfica en orden decreciente de los caudales observados asociados a una frecuencia o duración que suele expresarse en porcentaje.

La CDG, consta de caudales con su correspondiente probabilidad de ser igualados o excedidos, donde la ordenada Q representa la magnitud del flujo en un año promedio que sea excedido o igualado un porcentaje, P del tiempo.

Al trabajar con caudales medios diarios se tiene una apariencia ligeramente diferente a la de los caudales medios mensuales, debido a que los caudales medios mensuales no detectan las variaciones que ocurren dentro del mes, por lo que esta curva proporciona menos información en consideraciones de diseño.

La curva de variación estacional indica la probabilidad de que los caudales medios mensuales puedan ser excedidos o superados, aplicando métodos estadísticos-probabilísticos.

A fin de determinar el caudal de la cuenca en el punto captación, se realizó una trasposición de datos de cuencas homogéneas.

Cuando la cuenca en estudio no tiene datos de caudales, el deducir la Curva de Duración General (CDG) no es posible, sin embargo existe un método que permite relacionar dos cuencas hidrológicamente similares.

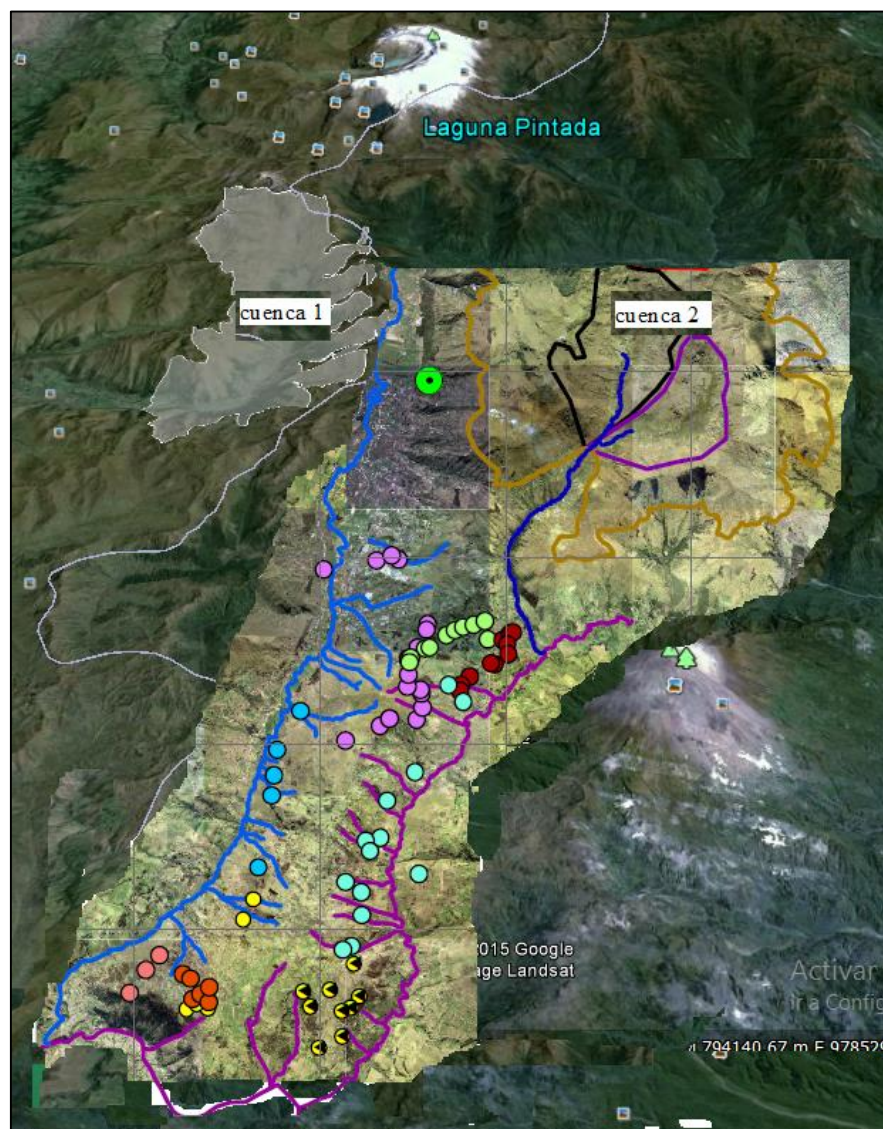


Figura 21. Gráfico de Ramificaciones.

Siendo la cuenca 1, similar en condiciones hidrológicas a la cuenca 2 (cuenca de interés). Para la cuenca 2 que no posee datos es posible deducir su propia CDG.

$$Q2 = Q1 \times \frac{A2}{A1} \times \frac{P2}{P1}$$

A1=área drenaje de la cuenca1 (km²)

Q1= caudal de cuenca (m³/s)

A2=área de drenaje de la cuenca 2 (km²)

Q2= Caudal de la cuenca2 (m³/s)

Se recomienda aplicar este método siempre y cuando la relación entre las áreas de cuencas no sea muy grande y la relación entre áreas de la cuenca grande y pequeña no sea mayor a 1.5 y de características hidrometeorológicas similares. Además que la aplicación de este método exige verificaciones de campo por medio de aforos en la sección de interés.

La metodología utilizada para este análisis fue la transposición a partir la serie de datos de caudales diarios registrados, tomando como referencia las áreas aportantes a las estaciones M0396 (Alao) y el punto de captación.

De la Curva General de Descarga y del análisis hidrológico se desprenden las siguientes características del río Zanampala para el diseño de las obras de captación y limpieza.

Tabla 9. Características generales de la cuenca del río Zanampala.

NOMBRE DEL RIO	Río Zanampala		UNIDAD
CAUDAL MEDIO	Q50	0,71	M3/S
CAUDAL FIRME	Q90	0,40	M3/S
CAUDAL ECOLOGICO	Qeco	0,07	M3/S
CAUDAL DE DISEÑO	Q	0,64	M3/S

Tabla 10. Resumen de ocurrencia para los caudales del río Zanampala.

PROBABILIDAD DE OCURRENCIA (%)	CAUDALES MEDIOS MENSUALES (M3/S)
20	1,21
50	0,71
90	0,40
95	0,35

3.3.7. Erosión

Los cantones Guamote y Pungala posee una topografía irregular, esto se debe a la influencia de las cordilleras Central y Occidental de los Andes. La mayor parte de los territorios del cantón presentan pendientes pronunciadas, en algunos casos sobrepasan los 50 grados de inclinación.

Los territorios de algunas comunidades tienen pendientes superiores a los 15 grados; éste fenómeno natural sumado a la acción fluvial, se constituye en una de las principales causas de la erosión de los suelos, especialmente en la cuenca del río Cebadas.

Litológicamente los suelos están constituidos por materiales volcánicos, sobre los cuales se han desarrollado actividades agrícolas y pecuarias.

Presentan también áreas de páramos, las cuáles se ven afectadas por acciones antrópicas, mostrando como consecuencia procesos de erosión, haciendo hincapié en las actividades de sobrepastoreo, cultivos agrícolas, quemas, entre otras; las mismas provocado la eliminación de la vegetación del páramo. La Erosión que se presenta es en la parte del lecho mayor por acción del viento ya que esta zona se inunda solo por un cierto tiempo al año y el resto de tiempo se encuentra desprotegido y se produce erosión.

En la parte del canal del río existe erosión por acción de las aguas q discurren acarreando rocas y arena lo que provoca un crecimiento del cauce del río (SENPLADES, 2015).

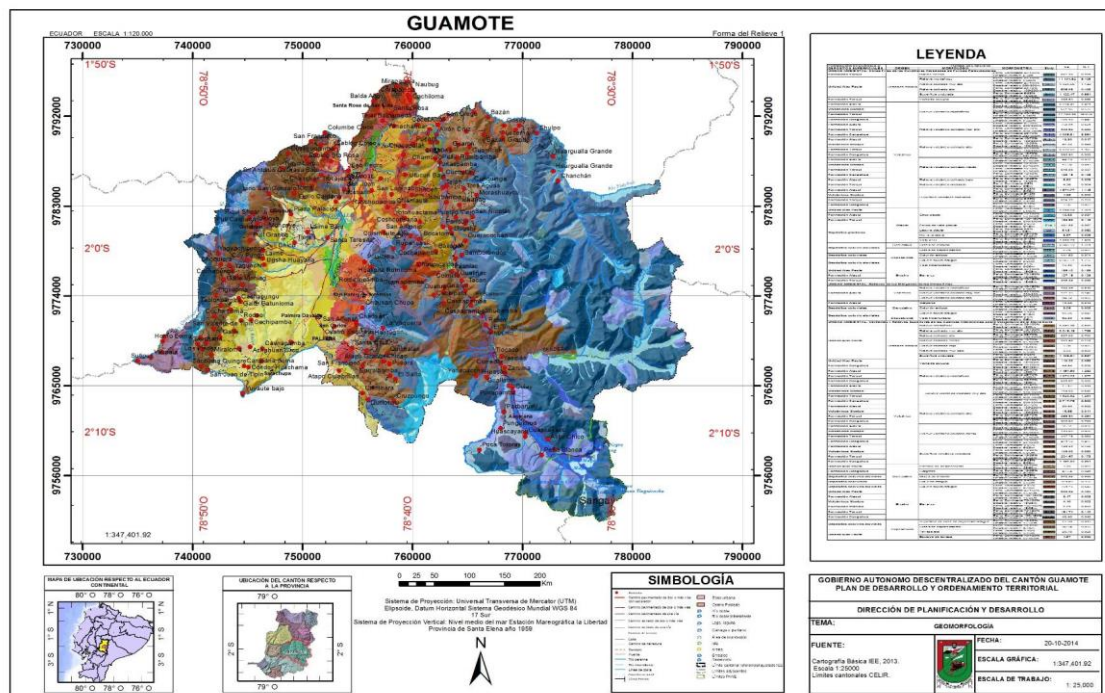


Figura 22. Mapa de la Geomorfología del Cantón Guamote

3.3.8. Sedimentación fluvial

El agua del río discurre de las zonas elevadas a las más bajas, impulsada por la fuerza de la gravedad. En su recorrido, el agua arranca y arrastra materiales de los terrenos por los que pasa. Estos materiales se van depositando en función de su tamaño y de la corriente del río.

La sedimentación fluvial se produce en las bajas pendientes del río donde hay menor intensidad de la corriente. Los materiales son depositados por orden de tamaños: primero los grandes bloques, luego los cantos rodados, después, la grava, y, por último, las arenas y los limos.

En el río Zanampala se ve notoria la sedimentación fluvial después de una crecida representativa, porque acarrea gran cantidad de materiales los cuales son depositados en sectores de pendiente baja pero no obstaculizan el curso del agua.

3.3.9. Humedad

El modelo meteorológico del cantón Pungala está influenciado según la altitud, la ubicación y principalmente por la presencia de la Cordillera de los Andes respecto al movimiento de las masas de aire.

Una de las causas significativas de la baja producción y el fracaso de cultivos en la agricultura es la falta de agua en el suelo. Esto se debe a la combinación de una lluvia escasa y errática con una mala utilización del agua disponible. El manejo de la humedad del suelo es, entonces, un factor clave cuando se trata de mejorar la producción agrícola.

Según los datos de la estación Pungala se tienen información de la humedad relativa media mensual representada en porcentaje dentro del periodo 2006 – 2013 teniendo 8 años de datos proporcionados por Freemeteco.ec y realizando la estadística se tiene los siguientes datos de la humedad relativa mensual

Tabla 11. Humedad relativa media mensual (%)

Mes	Humedad %
Enero	60
Febrero	67
Marzo	65
Abril	68
Mayo	64
Junio	63
Julio	65
Agosto	64
Septiembre	65
Octubre	67
Noviembre	68
Diciembre	65

Se ve un constante valor de la humedad relativa durante todo el año, pero existe un incremento en los meses de abril, octubre y noviembre. Durante los otros meses se nota un valor constante de entre 64 a 67 %.

La humedad relativa es inversamente proporcional a la evaporación mientras menor es la humedad relativa, mayor es la evaporación.

3.3.10. Calidad del agua

Se refiere a la composición del agua en la medida en que esta es afectada por la concentración de sustancias producidas por procesos naturales y actividades humanas. La cota de captación de las aguas que discurren por la cuenca del río Zanampala es de 3800 msnm, según el levantamiento topográfico y las decisiones tomadas para la construcción del proyecto de riego, a esta altura de captación nos da a entender que el agua no tiene un alto grado de contaminación de actividades humanas porque no existe población a mayor nivel de la captación.

3.3.11. Velocidad del viento

La principal característica de los vientos del cantón Pungala es que se dirigen en diferente dirección, se obtienen los valores medios mensuales de la velocidad en metros/segundo en base de los registros medios diarios calculados con las tres observaciones diarias, estos datos se lo obtuvo de los anuarios publicados diariamente de Freemeteo.ec por la estación Pungala, estos datos fueron procesados y calculados, obteniendo como velocidad de viento promedio entre los años 2006-2013 en 3.34 m/s.

Tabla 12. Velocidad del viento media mensual (Km/h)

Mes	Velocidad del viento km/h	Dirección del viento
Enero	36,36	N-E
Febrero	31,25	N
Marzo	20,71	N-O
Abril	31,29	N-O
Mayo	35,38	N-E
Junio	31,55	N-E
Julio	35,75	E
Agosto	27,43	N-E
Septiembre	38,67	N
Octubre	20,60	N-E
Noviembre	31,00	N
Diciembre	33,80	N-O

En el grafico a continuación podemos observar la variación de la velocidad del viento media del periodo 2000 al 2006 en cada mes.

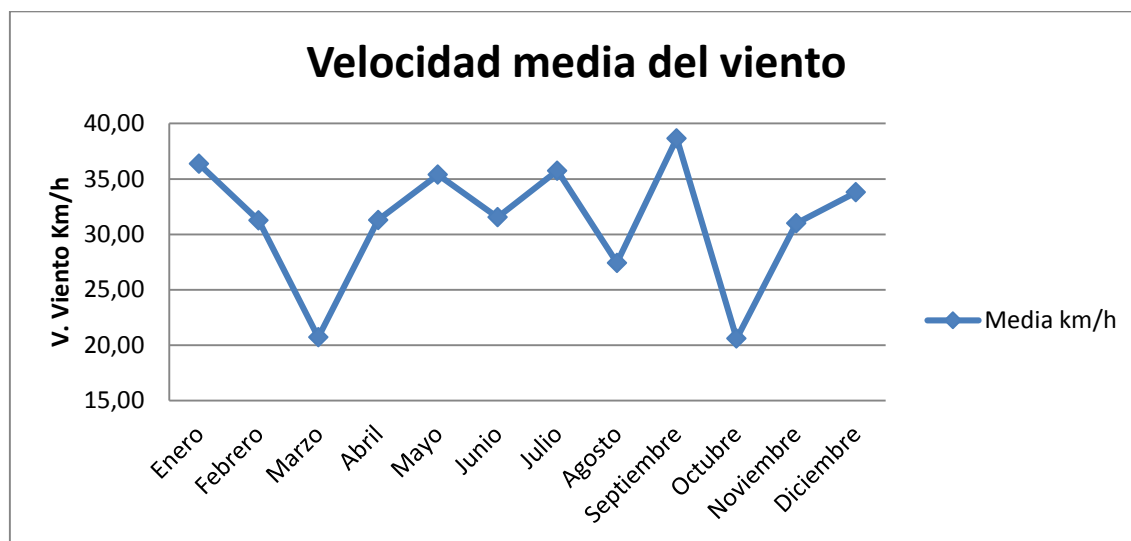


Figura 23. Velocidad del viento media mensual

La mayor incidencia de corrientes de aire, se producen entre los meses de Enero y Septiembre con direcciones sur, sur oeste y oeste. Se tiene las mayores velocidades de viento que se relacionan con los días de verano y de menor cantidad de lluvia.

La velocidad de viento se vincula directamente con la heliofanía y coincide plenamente con ésta, ya que los meses donde se presenta la mayor cantidad de horas de luz solar, la velocidad de viento aumenta.

Se puede definir de igual manera al viento de la zona del proyecto según su velocidad en la escala Beaufort como Flojito (Brisa muy débil) que sus efectos en la tierra se mueven las hojas de los árboles, empieza a producirse los molinos.

3.3.12. Heliofanía

La heliofanía representa la duración del brillo solar u horas de sol, y relacionada con la radiación solar global incidente. Esto es importante dado que se logra caracterizar una localidad sobre la base de registros históricos.

La información de heliofanía se expresa en un promedio de 12 horas de luz solar, que se tiene en el Ecuador y los datos representan la media aritmética de los valores medios mensuales registrados.

Se debe tener muy en cuenta los valores de luz solar al realizar el cálculo de la necesidad de agua para los cultivos ya que en épocas de sequía es donde influye mayoritariamente por la evaporación del agua.

3.4. Estudio de las necesidades hídricas

3.4.1. Introducción

La necesidad de agua de los cultivos es la cantidad de agua que se requiere para satisfacer la tasa de evapotranspiración que considera como el agua que se pierde en la atmósfera a través de las hojas de la planta, así como la superficie del suelo (SMART!, 2015).

3.4.2. Definición de los tipos de cultivo

Se ha realizado la definición de los cultivos que siembran las comunidades del sector Calseg Puruhuay mediante encuestas aplicadas a cada uno de los propietarios de los terrenos a los cuales se les proveerá de la cantidad de agua necesaria para su producción. Encuestas que garantizan además las fechas de siembra, las fechas de cosecha y el porcentaje de hectáreas cultivables en cada comunidad.

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE CIVIL

DISEÑO DE CAPTACIÓN Y CONDUCCIÓN DE AGUA DE RIEGO PARA DOCE
COMUNIDADES DE LA PARROQUIA PUNGALA.



COMUNIDAD: **PURUMAY SAN GERARDO**

CULTIVO	FECHA DE SIEMBRA	FECHA DE COSECHA	AREA
PASTO	Mantiene todo el Año		80 Ha
PAPA	30 de Julio mas	6 meses	20 Ha
MAÍZ	Septiembre	Agosto	4 Ha
HABA	Noviembre	Septiembre	5 Ha
BARBECHO			20 Ha
HORTALIZAS	En cualquier momento	6 meses	2 Ha
ALFALFA			
QUINUA	noviembre	3 meses	
CHOCHO	Cualquier día del Año		2 Ha.
CEBADA	Diciembre y Enero	Agosto	5 Ha
AVENA	Cualquier día del Año		4 Ha.
ARVEJA			
FREJOL			
OCA	Septiembre	Agosto	3 Ha
MELLOCO	Cualquier día del Año		2 Ha

Figura 24. Encuestas aplicadas a cada comunidad

Obteniendo como resultado final, los tipos de cultivos que tiene cada comunidad y en número de hectáreas reales a las que se deben proveer de agua para riego. Estos resultados han sido procesados en la siguiente tabla:

Tabla 13. Determinación de los cultivos

COMUNIDAD	PASTO	PAPA	MAÍZ	HABA	BARBECHO	HORTALIZAS	ALFALFA	QUINUA	CHOCHO	CEBADA	AVENA	ARVEJA	FREJOL	OCA	MELLOCO
PURUHUAY LLACTAPAMBA	40	10	15	8	50	2		5	2	10	1	1	2	2	2
APUNAG	80	20	10	5	200	3		5	2	5	5	1	1	3	3
NIÑO LOMA	10	5		3	10	1				3	2	1		2	3
RAYO LOMA	8	4		2	5	1				1				1	0,5
PURHUHUAY SAN GERARDO	80	20	4	5	80	2			2	5	4			3	2
CAZQUIS	10	5	5	1	100	0,5	0	1	1	2	0	0,5	0,5	0,5	0,5
SANTA ROSA DE GUANAN	30	5	3	1	60	1	0	2	0	2	2	1	1	1	1
AGUA SANTA	30	5	10	2	25	2	0	3	2	5					
SNANAYCUN	50	10	2	3	120	1	1	2	2	3	0	1	1	2	1
SUMA(hectáreas)	338	84	49	30		13,5	1	18	11	36	14	5,5	5,5	14,5	13

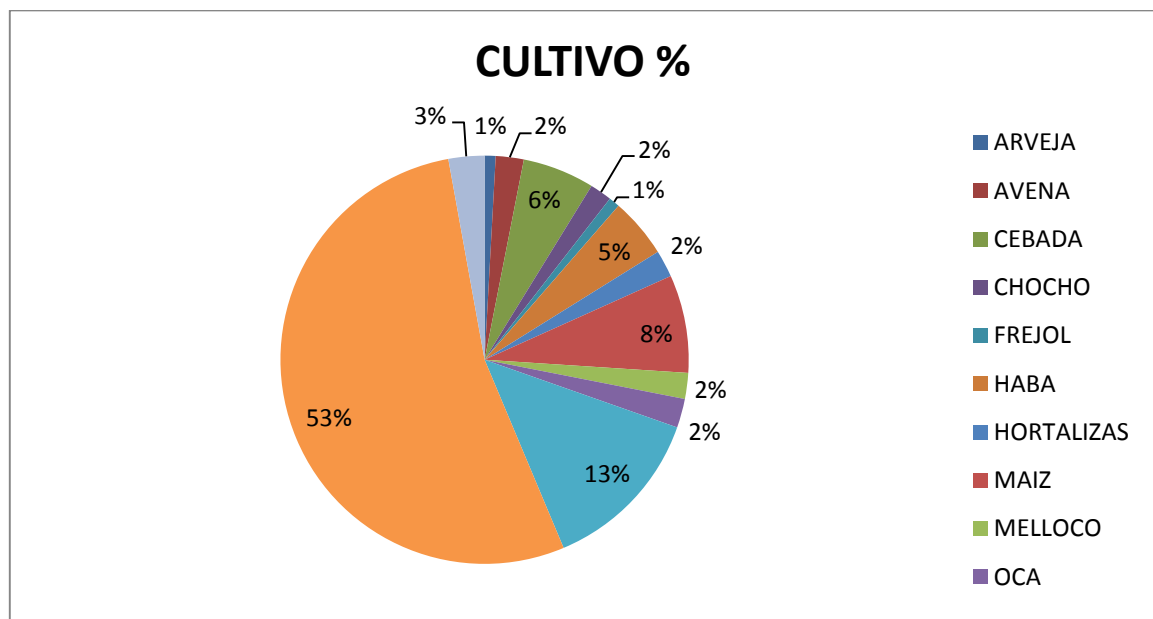


Figura 25. Principales productos cultivados del sector

Arveja

Nombre Científico: *Pisum sativum*, La planta es trepadora, el tamaño de la planta bajo cuando su altura es menor de 0,4 m; semi-trepador entre 0,8-1 m; trepador o enrame cuando es de 1,5-2 m. Las semillas (arvejas) se encuentran en vainas, que contienen entre 4 y 10 unidades. Estas semillas son las que se utilizan en nuestra alimentación. Las semillas generalmente son verdes que pueden ser lisas o rugosas, cuando las arvejas son tiernas, tienen un sabor ligeramente dulce y se pueden consumir crudas; también se consumen cocidas, guisadas, como guarnición y pueden servir para conservas.



Las arvejas, como todas las legumbres, son una importante fuente de fibra. Contienen fibra de los dos tipos: soluble e insoluble. La fibra soluble ayuda a reducir niveles elevados de colesterol y azúcar en sangre, mientras que la fibra insoluble contribuye a regular el buen funcionamiento del intestino, evitando el estreñimiento. Además, la fibra en general, produce sensación de saciedad, con lo cual se nota menos hambre, y es muy útil para un control y pérdida de peso. Las arvejas secas contienen abundante fibra en su piel, lo que le confiere su textura rígida y dura. (BCAMPDERA, 2013)

Avena

Nombre científico: *Avena sativa*, Nombre común: Avena, Avena blanca, Avena común. Planta herbácea anual de gran importancia para la ganadería. Es un cereal, al igual que el arroz, el trigo, la cebada o el maíz, alcanza 1 metro de altura. Su tallo es hueco, con unos nudos de los que parten las hojas, de aspecto aplanado y muy ásperas al tacto. La floración se produce entre junio y agosto y la recolección se efectúa en verano. (infojardin, 2015)



Nutricionalmente, la avena es el cereal más rico en proteínas y fibra, contiene gran cantidad de vitaminas y minerales como el fósforo, magnesio, ácido fólico, potasio, hierro y zinc. Su alto valor nutricional ha convertido a la avena en un alimento reconstituyente, adecuado para todo tipo de dietas, tanto para adelgazar, para estudiantes, personas con estreñimiento, cansancio, estrés, diabetes, enfermedades de corazón, gastritis, fibromialgia, entre otros. (Botanical, Botanical online, 2015)

Cebada

Nombre científico: *Hordeum vulgare*, es una planta de la familia de las poáceas. Es un cereal al igual que la avena, el arroz, el trigo. Tradicionalmente se ha utilizado la cebada para alimentar animales, la importancia de la cebada en la agricultura ha sido y sigue siendo enorme, basta pensar que es el cereal que tiene una producción mayor después de el trigo, el maíz y el arroz.



Existen muchas variedades de cebada. Todas ellas se caracterizan por presentar tallos huecos en forma de caña que nacen de raíces fasciculadas. Al final de cada tallo, se desarrolla una inflorescencia en forma de espiga donde se formaran los granos de cebada o semillas. (Botanical, botanical online, 2015)

Chocho

Nombre científico: *Lupinus bogotensis* Benth, Nombre común: Altramuz, Chocho, Lupín, Lupino. Planta de tallo erecto, que habitualmente alcanzan hasta 2 m de altura. Sus hojas están formadas por un número impar de foliolos y su aspecto es semejante al de una mano. Las flores se reúnen en largas y vistosas inflorescencias, los colores de los pétalos varían desde el blanco al azul intenso, con predominio de tonos azulados y rosados. Su fruto es una legumbre que contiene semillas con forma de esfera achatada. (Antioquia, 2008)



Rico en calcio y proteínas, el chocho se ha extendido por todos los rincones del país y goza de gran popularidad en las escuelas, donde se consume a diario de forma masiva, pero también se vende en tiendas, supermercados y puestos callejeros, que elaboran variadas recetas a base de carnes y vegetales.

Quizá por estas razones el altramuz es también el eje sobre el que giran proyectos de desarrollo de comunidades rurales indígenas (EFE, 2015).

Frejol

Nombre científico: *Phaseolus vulgaris*. El frijol forma parte de la familia de las leguminosas ampliamente distribuidas por todo el mundo; en conjunto con el maíz constituye una parte esencial en la dieta básica de la población. Es un producto con mucha importancia socioeconómica tanto por la superficie de siembra como por la cantidad de consumo per cápita. (syngenta)



Aunque existen 50 especies de fréjol, las variedades rojo moteado, canario, calima negro y blanco panamito son las más apetecidas por el mercado Ecuatoriano. Las provincias en donde se cultiva fréjol seco son Imbabura, Azuay, Carchi y Loja. Las provincias en donde se cultiva fréjol tierno son Chimborazo, Guayas, Pichincha, Imbabura, Carchi, Azuay y Loja. Este alimento es originario del continente americano. Se lo ha utilizado desde la época precolombina. Se cree que fue usado primero en México y desde ahí se esparció por todo el continente (El Comercio, El Comercio, 2015).

Verduras y Hortalizas

Las verduras y hortalizas constituyen, una fuente primordial de vitaminas variadas, sales minerales, fibra y elementos antioxidantes. La deficiencia mantenida de muchos de estos nutrientes tiene relación directa con la aparición y desarrollo de algunas de las enfermedades crónicas de mayor incidencia en la edad adulta en la actualidad: aterosclerosis, diverticulitis, colon irritable, osteoporosis, anemias, cáncer, etc. (Eroski)



Maíz

Nombre científico: Maíz, millo, elote, choclo o *Zea mays*. Es un cereal, una gramínea caracterizada por poseer tallos en forma de caña, aunque macizos en su interior a diferencia del resto de miembros de su familia que los tienen huecos. Destaca por su inflorescencia femenina llamada mazorca, en donde se encuentran las semillas agurpadas a lo largo de un eje. La mazorca está cubierta por brácteas de color verde y textura papirácea y termina en una especie de penacho de color amarillo oscuro, formado por los estilos. (Botanical, 2015)



Melloco

Nombre científico: *Ullucus tuberosus*, La sustancia gomosa del melloco es apetecible para unos y es rechazado por otros. En las comunidades indígenas y campesinas es apreciado por su alto contenido de proteínas, carbohidratos, vitaminas y sus beneficios para la salud. Este producto tradicional andino es ingrediente de muchas recetas. Por eso, en el Ecuador es el segundo tubérculo en importancia después de la papa. (El Comercio, *ullucus tuberosus*, 2015)



El melloco es uno de los alimentos más tradicionales en nuestra alimentación. Este tubérculo cuenta, en diferentes proporciones, con agua, proteínas, almidón, carbohidratos, un poco de grasa, fibra cruda y azúcar.

Oca

La oca o ñame, tiene un nombre científico y se llama "Oxalis tuberosa", es una planta perenne de la familia de las Oxalidáceas que se cultiva en los Andes centrales y meridionales por su tubérculo comestible rico en almidón.

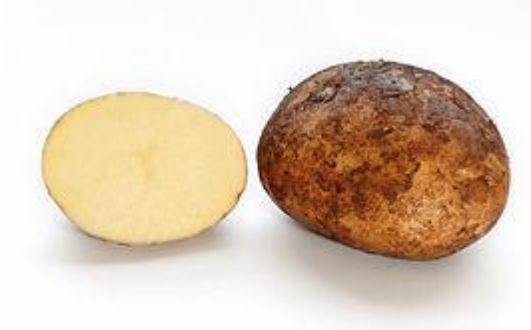


La producción de la oca, que se realiza especialmente en Bolivia, Perú y Ecuador, aparte de la papa, es la aportación más significativa de la agricultura, especialmente de la zona de Los Andes. En la mayoría de las zonas rurales, constituye un medio para luchar contra el hambre. Depende mucho de los productores, para luchar contra la pobreza y generar recursos con esta clase de artículos que son de primera necesidad. (patria, 2010)

Papa

Nombre científico: *Solanum tuberosum*, De procedencia Andina, su origen parece situarse en dos centros distintos de América del Sur; Perú-Bolivia (para *solanum andigena*, de hojas pequeñas y tuberización en días cortos) y el Sur de Chile (para *S. tuberosum*, de hojas anchas y tuberización en días largos). La planta es herbácea, anual, dicotiledonea y se reproduce preferentemente por vía asexual.

La inflorescencia es en cima, umbeliforme, y de color blanco, violeta, rosado, etc. Sus tallos aéreos, en un principio son erguidos y con el tiempo tienden a desarrollarse de forma más pegada al suelo.



Sus hojas son compuestas, imparipinadas, con 3 a 4 pares de foliolos ovales, pudiendo aparecer en la base del peciolo pequeños foliolillos. En los tallos subterráneos se producen los tubérculos, que pueden ser de forma oval, redondeada o claviforme. La parte comestible la constituye el tallo subterráneo, reservorio, llamado tubérculo. Es una especie autógama pese a que posee individuos altamente heterocigotos. (Agricultura)

Pasto

Nombre científico: *Brachiaria humidicola*, Gramínea perenne erecta que puede llegar a medir un metro de altura, produce estolones finos, fuertes y rojizos a partir de los nudos. Las hojas son verdes, lanceoladas y presentan bordes cortantes.

Se recomienda manejar 25 días de descanso y puede llegar a soportar 3 unidades animales por hectárea en época de lluvias (Pecuario)



Quinua

Nombre científico: *Chenopodium quinoa* Willdenow. Nombres Comunes : Kiuna, quinua, parca, supha, jopa jupha, juiira, aara, ccallapi, vocali.

La quinua es una planta de desarrollo anual, de hojas anchas, dicotiledónea y usualmente alcanza una altura de 1 a 2 m. El tallo central comprende hojas lobuladas y quebradizas. El tallo puede tener o no ramas, dependiendo de la variedad y/o densidad del sembrado. La raíz principal normalmente mide de 20 a 25 cms. de longitud, formando una densa trama de radículas, las cuales penetran en la tierra tan profundamente como la altura de la planta. Las panículas o panojas crecen generalmente en la punta de la planta y algunas veces debajo del tallo. Las flores son pequeñas y carecen de pétalos.



Generalmente son bisexuales y se autofertilizan. El fruto es seco y mide aproximadamente 2 mm. de diámetro (de 250 a 500 semillas por grano), circundando al cáliz, el cual es del mismo color que el de la planta. La semilla es usualmente lisa y de color blanco, rosado, naranja como también rojo, marrón y negro), el peso del embrión constituye el 60% del peso de la semilla, formando una especie de anillo alrededor del endospermo que se desprende cuando la semilla es cocida. Regiones de Producción: En los Andes de Argentina, Bolivia, Chile, Colombia, Ecuador y Perú. (minagri.gob.pe)

Determinación del patrón de cultivos

Para la determinación del tipo de cultivos, se realizó encuestas en cada una de las comunidades donde se describe que deben ser explotados, para esto se toma en cuenta el clima, tipo suelo, cantidad de agua de riego y principalmente la rentabilidad de los cultivos, ya que con esto queremos representar económicamente la mejor alternativa del uso de la tierra.

En la zona se cultiva gran cantidad de productos. Actualmente, se han incrementado los cultivos de hortalizas. Hay grandes zonas de pastizales dedicados al ganado vacuno en miras a la producción de leche, dentro de los cultivos que la comunidad tiene por objetivo cultivar se muestra en la siguiente tabla con un total de 632 hectáreas cultivadas en las comunidades, y el porcentaje de cada cultivo.

Tabla 14. Patrones de cultivo y porcentaje de cada cultivo

PATRONES DE CULTIVO Y SUS PORCENTAJE		
	(hectáreas)	%
PASTO	338	53,48
PAPA	84	13,29
MAIZ	49	7,75
HABA	30	4,75
HORTALIZAS	13,5	2,14
QUINUA	18	2,85
CHOCHO	11	1,74
CEBADA	36	5,70
AVENA	14	2,22
ARVEJA	5,5	0,87
FREJOL	5,5	0,87
OCA	14,5	2,29
MELLOCO	13	2,06
<i>Suma total</i>	632	100

Los patrones de cultivo nos facilitaran el realizar una distribución de caudal adecuada que sea necesaria para cada lote de terreno.

3.4.3. Identificación de los tipos de suelo del Cantón

Según su funcionalidad

Suelos humíferos.- (también llamados tierra negra): son aquellos que posee gran cantidad de materia orgánica en descomposición, son fantásticos para retener el agua y por lo tanto son excelentes para cultivar.

Suelos mixtos.- Denominados a la mezcla del suelo arenoso y del suelo arcilloso.

- Suelos arenosos: son aquellos suelos que no retienen el agua, al poseer poca materia orgánica no son aptos para la agricultura.
- Suelos arcillosos: estos suelos están formados por pequeños granos finos de color amarillo y retienen el agua en charcos. Mezclados con humus pueden resultar muy efectivos para la agricultura.

Según sus características físicas

- Fluvisoles La principal característica es que presentan o son ricos en calcio, suelos jóvenes que se han formado debido a la lluvia. Además suelen utilizarse para cultivos de consumo, huertas y frecuentemente para pastos: es decir son suelos fértiles, es habitual que requieran drenajes artificiales y que se utilicen bajo regadío.



- Vertisoles Los suelos del cantón presentan también características de tipo Vertisoles, con mayor cantidad en la Parroquia Cebadas, presentan un alto contenido de arcilla expansiva que durante la estación seca, forma grietas profundas de al menos, 1 cm de ancho. Son suelos con un profundo horizonte A y sin

presencia de horizonte B. Tienen colores que oscilan del gris, rojizo al negro, dependiendo del material parental y del clima. Las tierras con Vertisoles se usan generalmente para pastos. (GUAMOTE, 2014)



La Sierra se caracteriza por presentar un terreno irregular. Los valles interandinos en su mayoría son lugares con suelos muy fértiles aptos para muchos tipos de cultivos pero las pendientes de las montañas presentan problemas de erosión.

Se utilizó la información base, los datos de unidades del suelo y unidades de pendiente de los mapas analógicos de suelo de La Dirección de Regionalización Agraria (PRONAREG) como organismo del Ministerio de Agricultura y Ganadería, que posee mapas en las escalas 1:500000 para la Amazonía, escala 1:200000 para la Costa y escala 1:50000 para la Sierra.

Para la identificación del suelo en el sector Calseg Puruhuay, el programa ArcGis 10.3 y con las herramientas proporcionadas por (PRONAREG), se obtuvo de forma automática un fácil acceso a la información geográfica digital del Ecuador y el tipo de suelo.

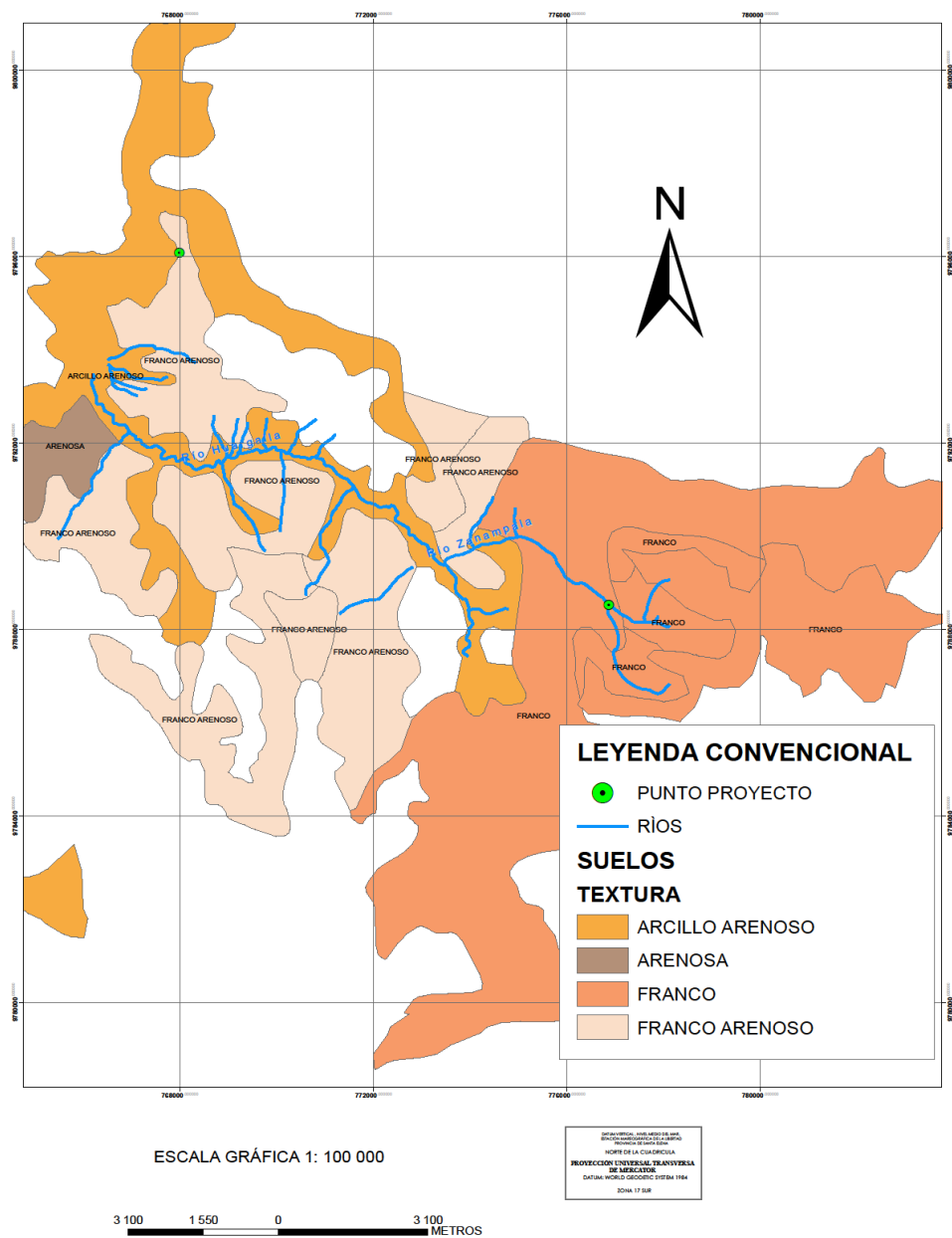


Figura 26. Textura del suelo del sector

De lo cual dio como resultado:

Las áreas de cultivo tienen en su mayoría características de suelos FRANCOS ARENOSOS, estos suelos tienen más arena que el suelo franco común. Este hecho altera su drenaje, textura y habilidad para retener nutrientes.

Aunque la composición del suelo franco puede variar ligeramente, se pueden considerar uniformes las proporciones porcentuales siguientes: Arena 45, Limo 40 y Arcilla 15. La cualidad principal de este tipo de suelo es que no es demasiado arcilloso, ni muy arenoso.

En la imagen se muestra una de las tres muestras que se ha tomado de los terrenos del sector y que han servido para la clasificación del suelo.



Figura 27. Muestra de suelo proyecto de riego Calseg Puruhuay

Es reconocible por su color casi negro, debido a su mayor cantidad de materia orgánica. Al amasar una porción de este tipo de suelo, no se desintegra debido a sus proporciones de los elementos que contiene su mezcla, no es excesivamente permeable, no se compacta, no se anega. Por ello un mantenimiento óptimo reduce al mínimo los inconvenientes que puedan surgir durante el crecimiento de los vegetales.

3.4.4. Ciclo vegetativo de los cultivos

El ciclo vegetativo de los cultivos se refiere al periodo en que completa la especie su ciclo biológico tomado desde que germina la semilla hasta que la planta produzca semilla y el número de ciclos reproductivos que realiza la planta. En las plantas con flores las semillas germinan, con frecuencia tras un período de dormancia, y se desarrollan las plántulas. Después crece la planta adulta y se forman los órganos vegetativos y reproductores; y se produce la reproducción finalmente, que comprende la polinización, fecundación, formación de la semilla y su dispersión.

Existen cuatro tipos de ciclos vegetativos principalmente:

Anual: Comprende en un año de ciclo; creciendo a partir de una semilla para luego florecer, y después de producir nuevas semillas muere. Durante la estación desfavorable se encuentran en forma de semilla en el suelo. La mayor parte de las malas hierbas tienen ciclo anual. Pueden distinguirse las anuales de verano, que completan su ciclo entre primavera y verano y las anuales de invierno, que lo completan entre el otoño y la primavera. Algunas se comportan como anuales de verano e invierno por ejemplo malas hierbas.

Bianual: En el transcurso del segundo año la especie completa su ciclo biológico, ya que en su primer año solo se produce crecimiento vegetativo y se almacenan sustancias de reserva y produciendo la floración y fructificación en el segundo año.

Perenne: Se mantiene en campo durante más de dos años y son cosechados a intervalos de tiempo que dependen de la edad de la plantación, e l manejo agronómico y condiciones de mercado.

Perenne delicada: Son cultivadas como anuales y con los cuidados necesarios, pueden mantenerse productivos por un tiempo más largo.

En la siguiente Tabla se presenta los cultivos y sus ciclos vegetativos que se cosechan en el proyecto Calseg Puruhuay.

Tabla 15. Ciclo Vegetativo

CULTIVO	CICLO VEGETATIVO	PORCENTAJE
ARVEJA	Anual	0,87
AVENA	Anual	2,22
CEBADA	Anual	5,70
CHOCHO	Anual	1,74
FREJOL	Anual	0,87
HABA	Anual	4,75
HORTALIZAS	Anual	2,14
MAIZ	Anual	7,75
MELLOCO	Anual	2,06
OCA	Anual	2,29
PAPA	Anual	13,29
PASTO	Perenne	53,48
QUINUA	Anual	2,85

Fuente: Documento de la FAO Riego y Drenaje (ciclo del cultivo)

3.4.5. Cálculo de las necesidades de agua de los cultivos

En la tabla a continuación se muestran los resultados obtenidos del software de la FAO CROP WAT 8.0 en cuanto al caudal máximo anual requerido para cubrir las necesidades de agua de los cultivos para cada tipificación, de acuerdo a lo establecido en el patrón de cultivos en relación de la fecha de inicio de siembra.

Tabla 16. Caudal Máximo requerido de los distintos cultivo

CULTIVO	SIEMBRA/COSECHA	CAUDAL MAX. (l/s/ha)
ARVEJA	10 marzo-27 junio	0,44
AVENA	17 marzo-29 julio	0,39
CEBADA	06 nov-05 marzo	0,26
CHOCHO	12 junio- 08 nov	0,40
FREJOL	05 marzo-22 junio	0,35
HABA	10 marzo-30 octubre	0,38
HORTALIZAS	10 febre-29 junio	0,37
MAIZ	01 marzo-27 agosto	0,56
MELLOCO	15 marzo-10 agosto	0,44
OCA	10 abril-06 agosto	0,42
PAPA	15 marzo-18 enero	0,39
PASTO	15 marzo-18 enero	0,35
QUINUA	02 sep-20 mayo	0,25

Con estos caudales máximos observados se puede asegurar el riego constante que tendrá las comunidades del sector Calseg Puruhuay ya que el caudal máximo previsto por el sistema es de 0,63 l/s/h y el caudal de cada uno de los cultivos no sobrepasa este valor.

En el diseño del sistema de riego, se muestra los resultados obtenidos del software de la FAO CROPWAT 8.0 en cuanto al caudal máximo anual requerido por los cultivos para cubrir las necesidades de agua, para cada mes en el área real.

Tabla 17. Caudal máximo requerido anual para cubrir las necesidades de agua de los cultivos según tipificación

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Déficit de Precipitación												
1. ARVEJA	0.0	0.0	58.5	100.1	201.7	163.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2. AVENA	0.0	0.0	22.9	113.7	212.0	191.5	105.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3. CEBADA	229.7	141.7	8.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	48.9	204.1
4. CHOCHO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	41.2	148.1	203.9	211.6	180.1	28.7	0.0
5. FREJOL	0.0	0.0	60.8	143.8	181.2	78.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6. HABA	0.0	0.0	58.5	74.2	77.0	89.4	173.0	194.1	203.1	195.1	0.0	0.0
7. HORTALIZAS	0.0	105.5	170.0	161.3	169.6	125.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8. MAIZ	0.0	0.0	117.2	142.6	209.0	200.5	207.7	126.8	0.0	0.0	0.0	0.0
9. MELLOCO	0.0	0.0	45.1	86.9	159.8	172.0	184.9	185.5	58.0	0.0	0.0	0.0
10. OCA	0.0	0.0	0.0	51.8	146.0	180.5	193.6	156.6	24.5	0.0	0.0	0.0
11. PAPA	0.0	0.0	72.4	149.6	208.7	177.3	58.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12. PASTO	96.3	0.0	40.1	137.3	152.7	136.6	147.2	149.0	154.7	153.6	151.4	166.0
13. QUINUA	159.1	208.9	230.3	179.6	51.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	42.3	69.4
Req. Netos sistema												
en mm/día	2.2	0.6	1.8	4.1	4.8	4.4	4.0	3.5	3.3	3.1	2.8	3.3
en mm/mes	69.6	16.9	56.3	123.4	147.8	132.6	123.5	109.7	98.0	94.7	85.0	102.3
en l/s/h	0.26	0.07	0.21	0.48	0.55	0.51	0.46	0.41	0.38	0.35	0.33	0.38
Área Irrigada	62.0	11.0	96.0	92.0	92.0	91.0	87.0	72.0	64.0	60.0	64.0	62.0
(% del área total)												
Req.de riego área real	0.42	<u>0.63</u>	0.22	0.52	0.60	0.56	0.53	0.57	0.59	0.59	0.51	0.62
(l/s/h)												

Para diseñar y dimensionar la red de distribución se usará el caudal máximo requerido de riego correspondiente al área real del proyecto como se muestra en la tabla.

El caudal para el sector Calseg Puruhuay que cuenta con un total de 632 hectáreas y con un requerimiento de riego máximo en el mes de Febrero de 0,63 (l/s/h), resulta que se tiene que diseñar con un caudal de **398,16 (l/s)** (Scribd, 2015).

3.5. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

3.5.1. Introducción

El determinar con exactitud la forma, accidentes, relieves, entre otros. del terreno en donde se desarrollan las obras del proyecto, es el inicio de los trabajos de ingeniería. Por tal razón, es necesario realizar el levantamiento topográfico utilizando las herramientas tecnológicas que tengan menor error y mayor precisión. Debido a la ubicación del proyecto, la variabilidad climática y lo accidentado del terreno el trabajo tuvo cierto grado de dificultad.

Los trabajos de detalle de topografía se los realizaron con equipos modernos que garantizan resultados en los cuales el rango de error se encuentra dentro de parámetros aceptables para este tipo de estudios.

3.5.2. Información existente

En el proyecto Calseg Puruhuay se utilizó una sola carta topográfica del Instituto Geográfico Militar, la carta de LLACTAPAMBA DE ALAO a escala 1: 50000 (anexo 1.- Carta Topográfica LLACTAPAMBA DE ALAO IGM) abarca la zona del proyecto. De esta carta topográfica se obtuvieron los siguientes datos:

- Curvas de nivel a 40 m.
- Curvas de nivel suplementarias de 20 m
- Ríos y vegetación
- Vías y caminos de acceso
- Ubicación geográfica

No existen cartas topográficas a menor escala.

En la actualidad sirve la herramienta “Google Earth”, para establecer ciertos parámetros preliminares, tanto para la implementación de las obras, como para el diseño del sistema de conducción de agua. Este programa está dado para utilizarlos en 3D, visualiza imágenes de satélite, mapas, relieve, edificios y las profundidades marinas.

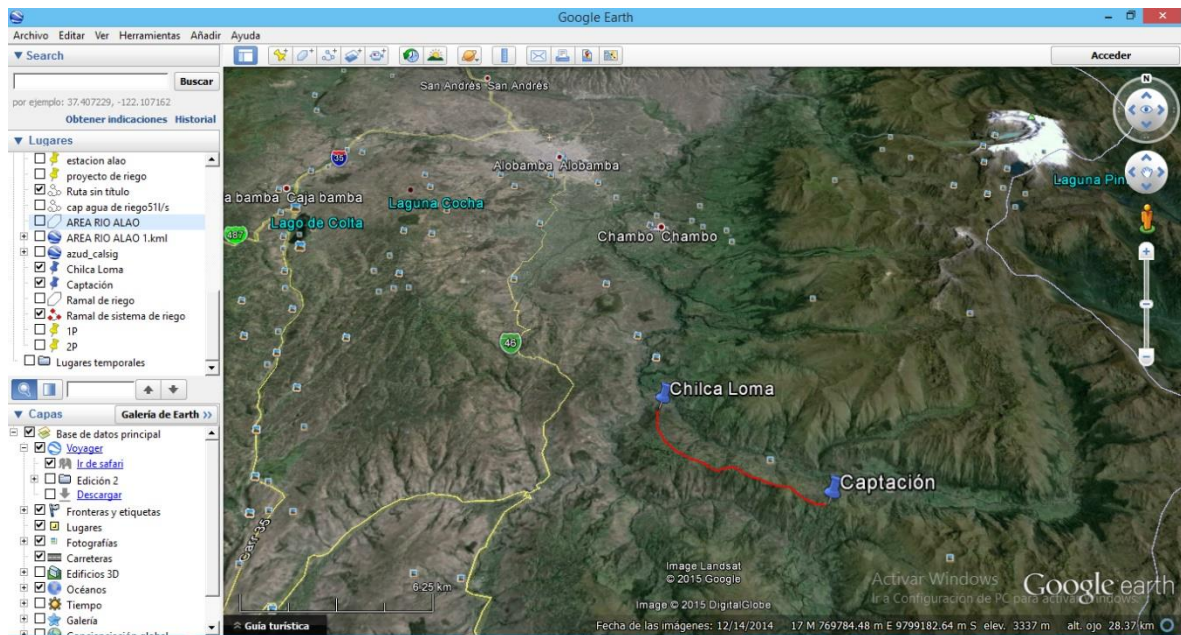


Figura 28. Programa Google Earth

3.5.3. Estudio topográfico

El estudio topográfico del proyecto Calseg Puruhuay se lo realizó en dos etapas, la primera fue el levantamiento en campo y la segunda fue el procesamiento de los datos.

El material utilizado fue:

A continuación se describe el instrumental utilizado en los trabajos de campo:

- Drone DJI – S1000 +
- Tablet
- GPS de precisión LEICA
- Computador de escritorio, Intel® Core™ i7 CPU 650 @ 3.20GHz
- Cámara Digital, Sony NEX-7 de 24,1 Mega pixeles y Zoom Óptico de 24x
- Radiotransmisores, Motorola
- Trípode de aluminio
- Cinta y flexómetro normados de 50 y 3 metros respectivamente
- Baterías y cargadores

- Cable interfase
- Equipo manual (machete, pintura, spray, clavos de acero, combo, brocha, paraguas)

3.5.4. Levantamiento topográfico con Drones

Para realizar el levantamiento en campo se empleó drones (UAV'S).

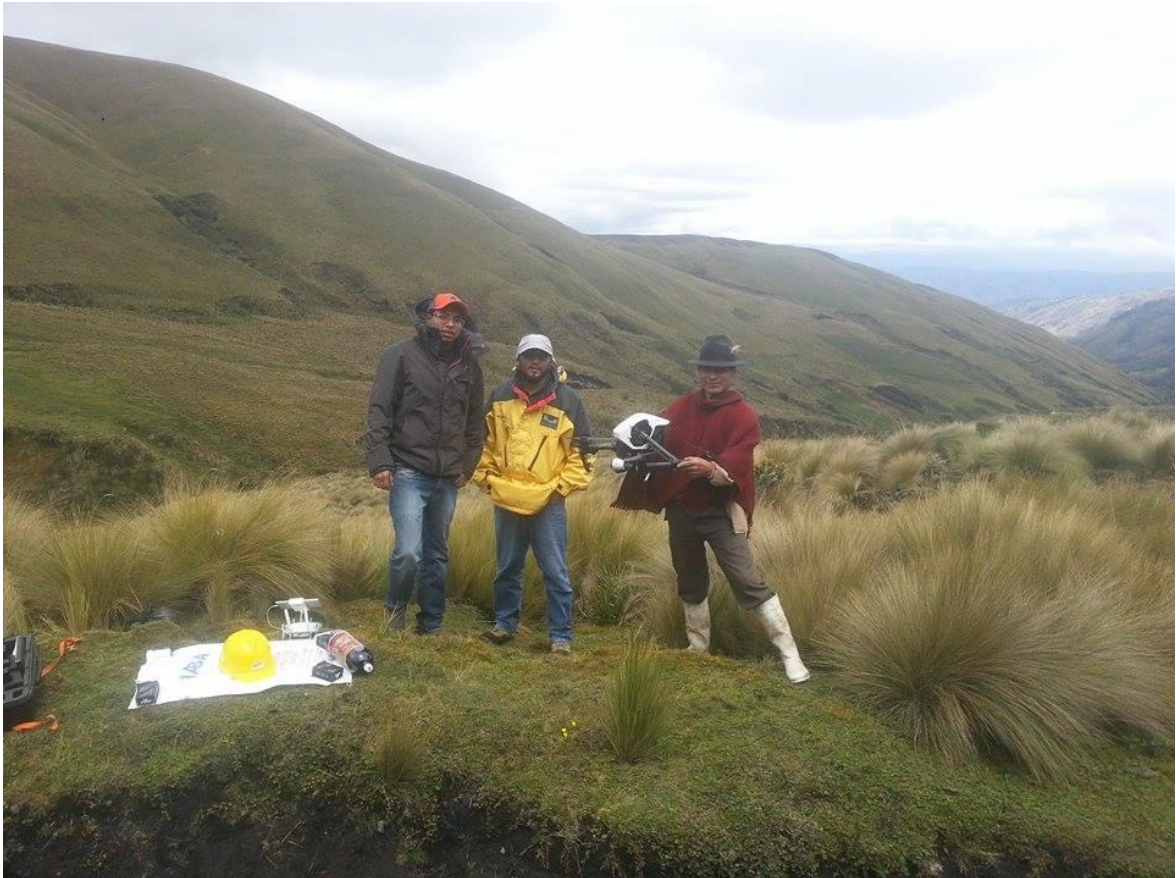


Figura 29. Drone preparado para el levantamiento topográfico

Los “drones”, vehículos aéreos no tripulados, se están convirtiendo en una nueva tecnología que revoluciona la topografía convencional, son equipos principalmente destinados al sector de la topografía y cartografía profesional.

El uso de “drones” aumenta la eficiencia de los procesos de levantamiento topográfico, minimizando costes y reduciendo tiempos al compararlo con los trabajos clásicos de topografía.

Una de las aplicaciones de los drones es la realización de topografía aérea para obtener ortofotos y modelos de elevación del terreno que podrán usarse para aplicaciones en construcción, para inclusión en sistemas GIS y para comprobación de superficies y catastro.

Los drones son una nueva herramienta de trabajo para la obtención de datos topogramétricos, una herramienta sencilla, segura y completa que ayudan a obtener resultados precisos.

La realización de vuelos con drones permite realizar fotogrametría aérea y obtención de restituidos con el desarrollo de software fotogramétrico específico para la obtención de modelos digitales, nube de puntos, ortomosaicos y cálculo de superficies y volúmenes de acopios resultado de la firma suiza PIX4D.

Para el levantamiento en campo se empleó el Drone DJI S1000+ Optacoptero, de propiedad de la empresa constructora GRINGCONSTRUCT, mismo que es ideal para el levantamiento topográfico de precisión.

Este drone esta equipado con una cámara SONY ALPHA NEX-7 que tiene las siguientes características:

NEX-7 incorpora un sensor APS-C de 24,3 MP, controles intuitivos y un visor OLED (XGA) Tru-Finder™ para obtener fotos con calidad profesional, es la más alta resolución en una cámara fotográfica.

La interfaz Tri-Navi, con dos diales de control de gran tamaño, permite ajustar con facilidad la apertura, la exposición y la sensibilidad ISO. La NEX-7 utiliza obturación electrónica, es decir, la cámara ya no tiene que cerrar el obturador luego abrirlo de nuevo para iniciar la exposición, esto disminuye el retardo del obturador de 100 ms a sólo 20 ms.

Captura hasta 10 fotogramas por segundo con el modo de captura de ráfaga rápida, perfecto para la acción más frenética. Mantiene enfocado el sujeto aunque se mueva con el seguimiento de objetos.

Captura vídeo HD fluido y detallado con el rápido enfoque automático. Sigue la acción incluso al aplicar el zoom, permite la grabación de vídeo 1080p60

Especificaciones

Tabla 18. Características de la cámara NEX 7

COMPATIBILIDAD CON LENTES	Lente con montura tipo E de Sony/lente con montura tipo A de Sony, funciona con lentes Minolta/Konica Minolta (requiere el adaptador α -mount)
TIPO DE SENSOR	Tipo APS-C (23,5 x 15,6 mm); Sensor CMOS Exmor™ APS HD
PÍXELES EFECTIVOS	24,3 aprox.
SENSIBILIDAD ISO	Equivalente a ISO 100-16.000
TIPO DE VISOR	Tru-Finder™ OLED (XGA)
TIPO DE PANTALLA	LCD Xtra Fine TruBlack

3.5.5. Procesamiento de imágenes con el software PIX4D.

Pix4D es un software para el completo procesamiento de imágenes que permite convertir miles de imágenes 2D en mosaicos georreferenciados y modelos 3D.

El software Pix4D procesa automáticamente las imágenes terrestres y aéreas adquiridas por UAVs (DRONES). Este software convierte estas imágenes con resultados exactos, precisos y personalizables para una amplia gama de aplicaciones GIS y CAD.

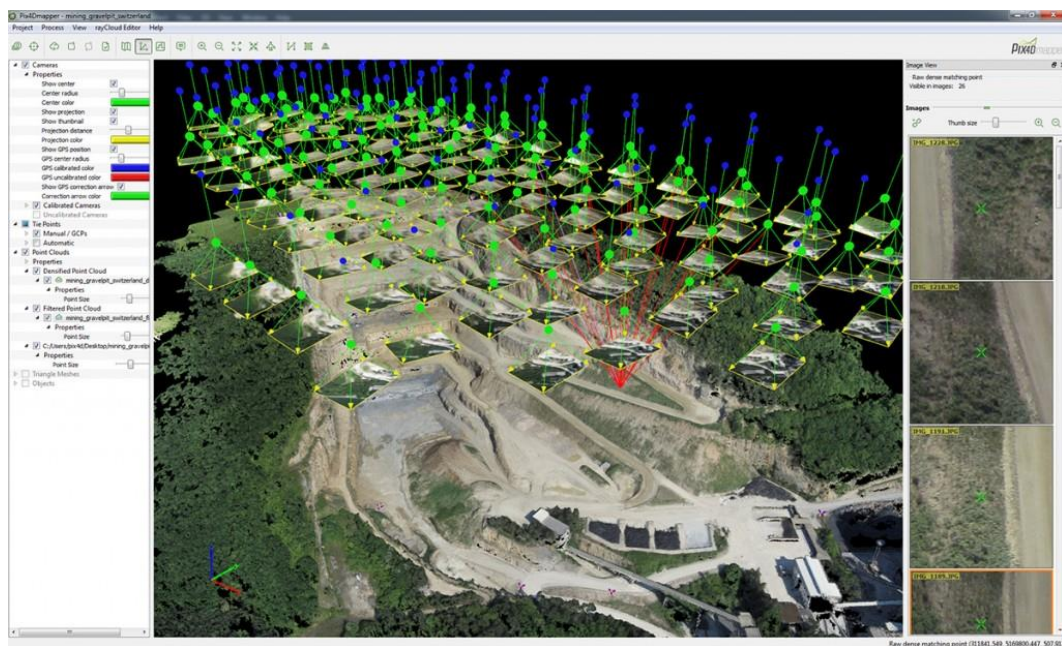


Figura 30. Software Pix4D

El software Pix4D utiliza un flujo de trabajo totalmente automático, es decir, se encarga de toda la calibración y procesamiento de las imágenes.

El software Pix4D posee herramientas que permiten editar y asignar propiedades a los resultados, mismas que son:

- El editor rayCloud combina la nube de puntos 3D con las imágenes originales, además permite ver, evaluar, interpretar y mejorar la calidad y precisión de los resultados, tales como medida, vectorización, clasificar y realizar funcionalidades GIS y CAD. RayCloud extiende la triangulación en vista estéreo y aumenta la precisión de las estimaciones puntuales 3D sustancialmente todo el tiempo que proporciona una comprensión completa de los resultados en 3D.
- El editor de mosaico permite mejorar la calidad de la orthomosaico generado.
- La calculadora Índice le permite crear y personalizar los mapas, la utilización de las imágenes multiespectrales con precisión radiométrica.

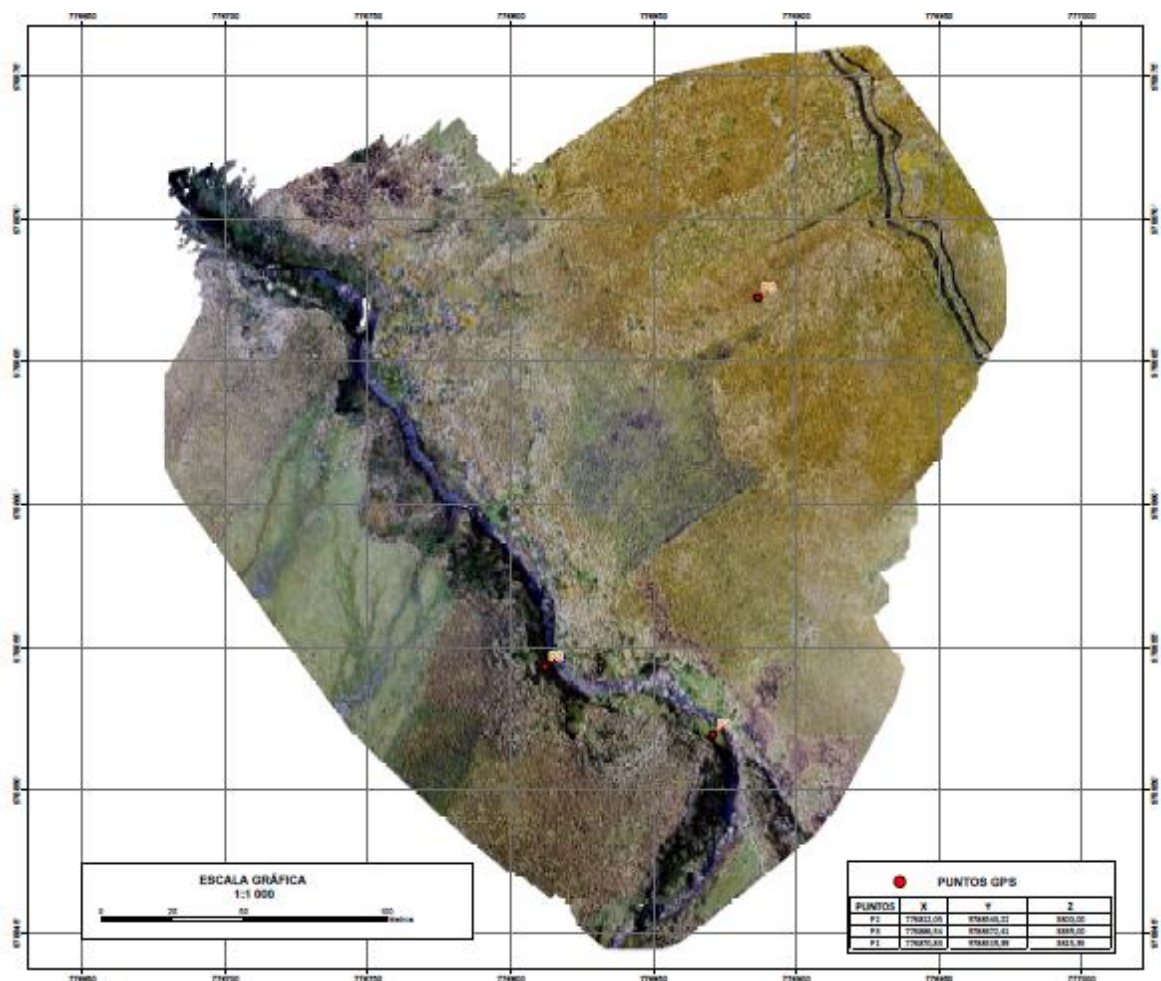


Figura 31. Resultados de la restitución con el Software Pix4D de la zona del proyecto

El software Pix4D permite obtener resultados en una variedad de formatos para los ortomosaico de alta gama con calidad métrica, georreferenciados, DSM (Modelo Digital De Superficie), nubes de puntos, modelos 3D con textura y modelos CAD simplificados. Personaliza mapas de índice en cualquier resolución, clasificar terreno y los objetos de forma automática, así como crear objetos y animaciones directamente en el software. Sin problemas de importación genera resultados y los objetos vectoriales en una amplia variedad de GIS, CAD y paquetes de software de fotogrametría.

Además permite crear NDVI (Índice De Vegetación De Diferencia Normalizada) y otros mapas de índice con las imágenes multispectrales tomadas con los drones.

Pix4D realiza la fotogrametría mediante la automatización de todo el proceso y dando una mayor precisión, logrando precisión centimétrica con las fotografías obtenidas con DRONES.

Los trabajos utilizando DRONES y Pix4D se llevan a cabo en cuestión de minutos en lugar de días requeridos por las técnicas tradicionales.

Pix4D convierte las imágenes aéreas primas en ortomosaicos DEM y legibles por otro paquete de SIG profesional, como ESRI ArcGIS y Google Earth Enterprise. También se integra perfectamente con los paquetes de fotogrametría tradicional, proporcionando resultados legibles por ERDAS, SocetSet y suites INPhO fotogrametría.

Para realizar el procesamiento de las imágenes, es necesario que el computador donde se emplea el software Pix4D cuente con componentes de gama alta (Procesador i7 de cuarta generación de 3.1 GHz, 32 GB en memoria RAM DDR4, Disco de estado sólido de 2 TB de almacenamiento)

Para el caso que nos compete, con el software Pix4D se pueden obtener curvas de nivel del terreno cada 50 centímetros, esto brinda un alto detalle de la topografía del terreno. Esta información es indispensable para realizar una implantación exacta de las obras que componen el proyecto.

En lo referente a la topografía, se han realizado vuelos con los drones en todos los terrenos donde se implantarán las obras del sistema de riego Calseg Puruhuay (captación, tubería de conducción) , se han obtenido un total de 1485 fotografías aéreas, con un peso total de 5,5 Gigabites, con estos datos se generó la topografía de toda el área donde se implantará el proyecto con curvas de nivel con un alto grado de detalle, lo que permitió realizar una

implantación y planimetría muy exacta de las obras y determinar fieles cantidades de obra necesarias para la ejecución del proyecto.

Resultados obtenidos con el software PIX4D.

Una vez procesadas las imágenes el software Pix4D emitió un informe de calidad del proceso de las imágenes. En este informe se refleja que la calidad de la restitución y de las fotografías sobrepuestas fueron procesadas exitosamente.

El ortomosaico obtenido en el software fue el siguiente:

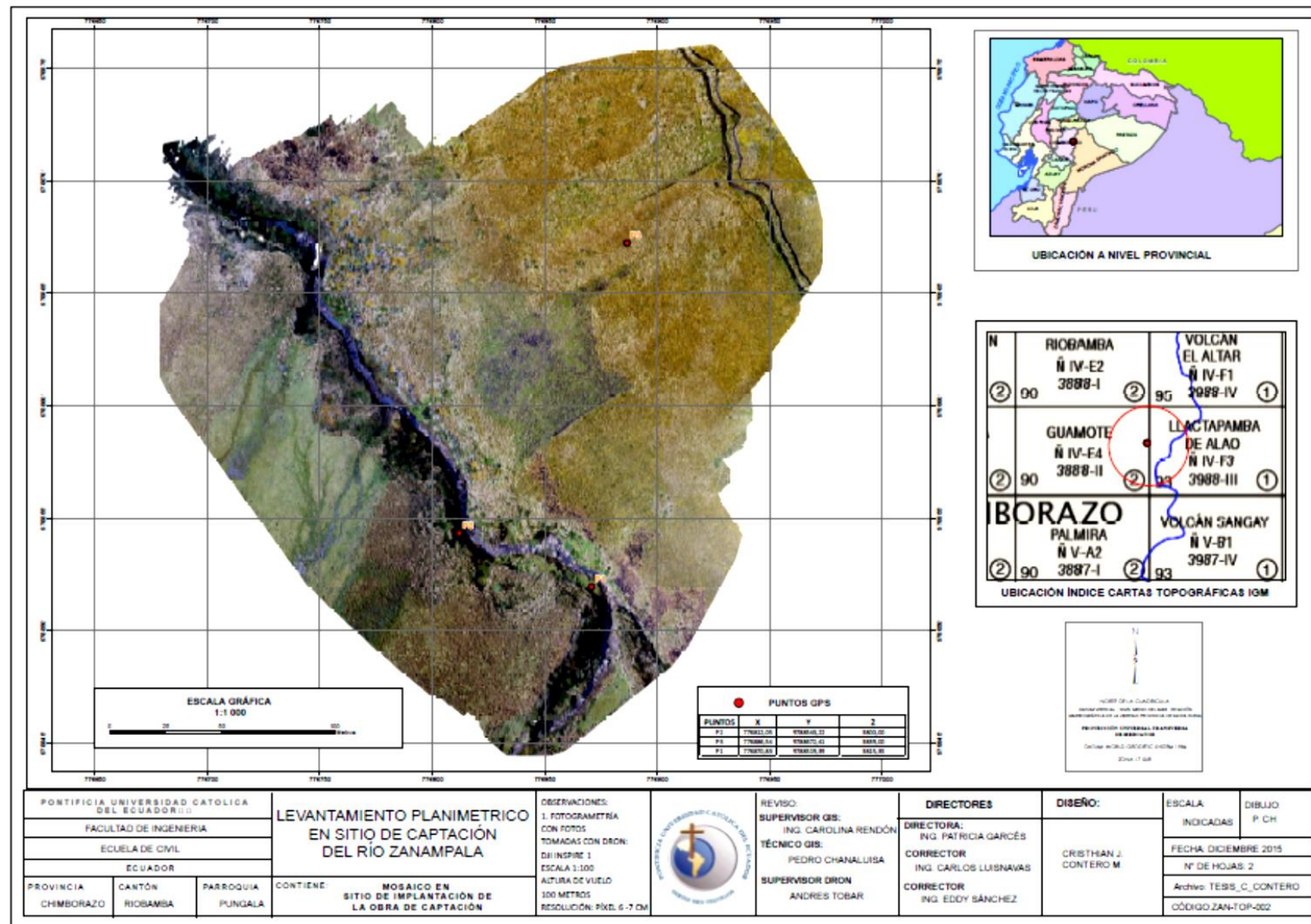


Figura 32. Ortomosaico obtenido con el Software Pix4D de la zona del proyecto

Las curvas de nivel obtenidas son las siguientes:

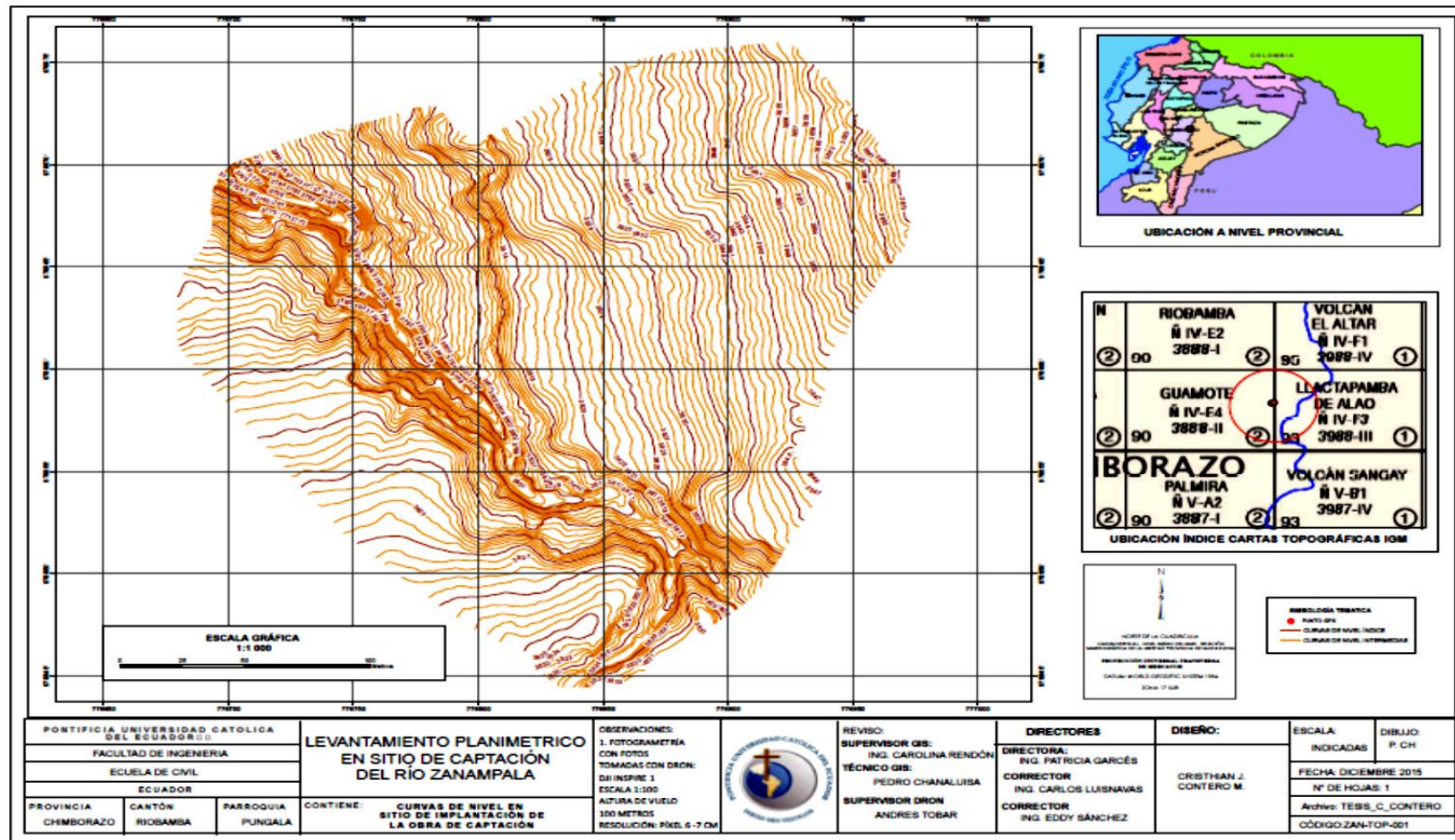


Figura 33. Curvas de nivel obtenido con el Software Pix4D de la zona del proyecto

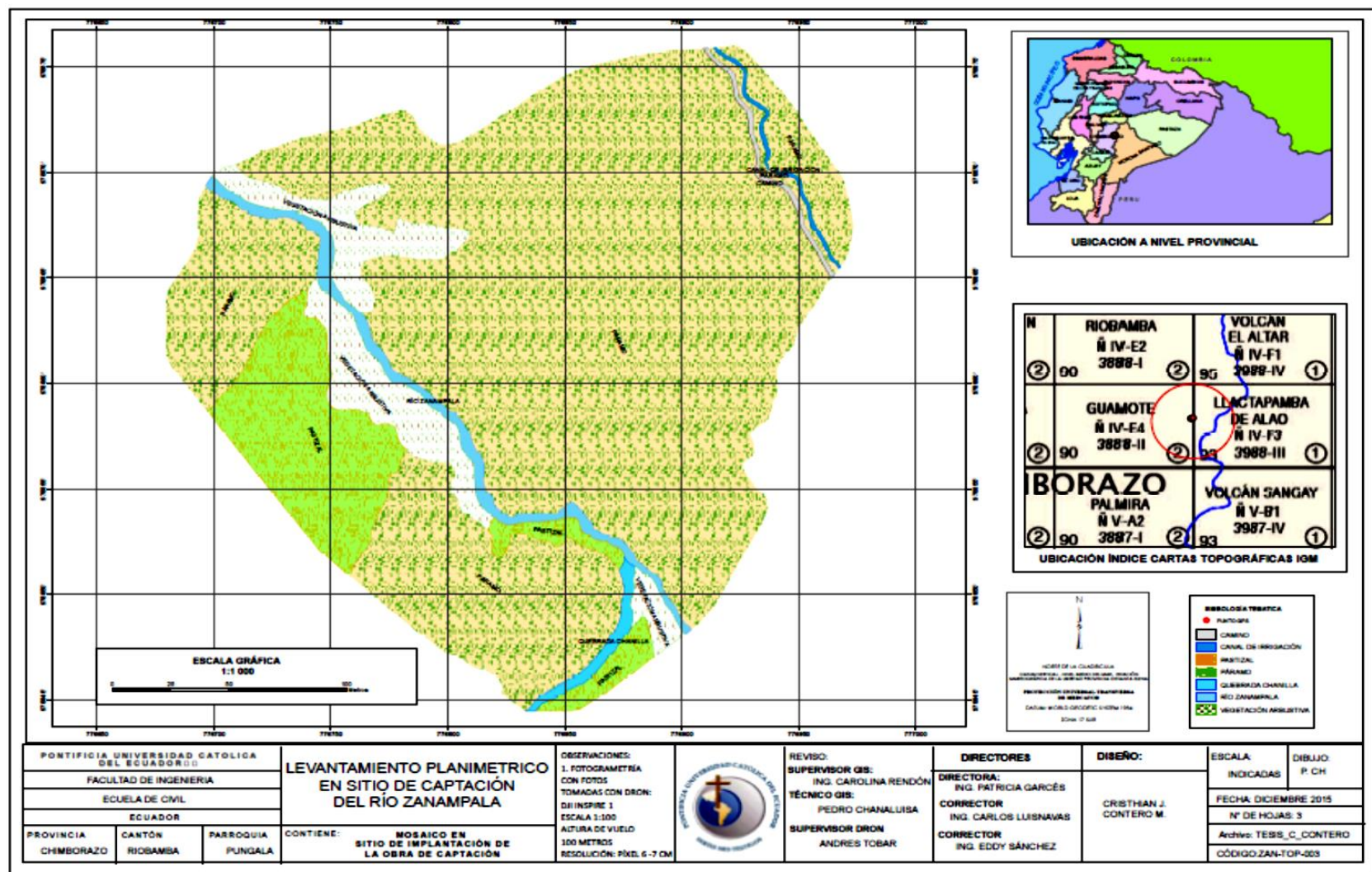


Figura 34. Mosaico en sitio de implantación de la obra de captación

3.5.6. Descripción del equipo utilizado para tomar los puntos GPS

Los puntos GPS de precisión han sido tomados con el equipo de precisión, de propiedad del consultor, GPS LEICA SR20.



Figura 35. GPS LEICA SR20 empleado para tomar los puntos de precisión

El GPS empleado tiene las siguientes características:

El Leica SR20 es un receptor GPS, fácil de usar, resistente y con capacidad para resolver numerosas tareas topográficas. El SR20 realiza mediciones topográficas estáticas y cinemáticas precisas, toma datos en tiempo real utilizando SBAS (Sistemas de Aumento Basados en Satélites) como WAAS y EGNOS.

- Es un potente instrumento GPS de 12 canales que proporciona resultados con precisión de centímetros en modo de post-proceso.
- Alta calidad en mediciones de fase de la portadora L1
- Completo sistema que incluye el flujo de trabajo topográfico y sus programas de aplicación
- Solución íntegra que incluye Leica Geo Office con potentes funciones de post-proceso

El software incorporado ofrece una sencilla interfaz con un flujo de trabajo intuitivo.

Los datos obtenidos con el SR20 son procesados con el software Leica Geo Office. Este paquete, que actualmente es el software de GPS más potente del sector, ofrece todas las funciones requeridas para gestionar, visualizar, procesar, importar y exportar datos GPS.

El SR20 está dotado de una pantalla de alta resolución y se puede utilizar con cualquier condición de luz.

El teclado es del estilo del de un teléfono móvil y permite la introducción intuitiva de los datos.

Las baterías son desmontables y recargables.

La antena Leica de alta precisión es muy resistente y efectúa el seguimiento incluso en condiciones difíciles en GPS.

El SR20 se puede instalar como estación de referencia, como receptor estático y cinemático, como navegador para situar monumentos y también tomar datos de elementos y atributos para un SIG.

El SR20 puede ser utilizado en numerosas tareas, entre ellas:

- Mediciones de monumentos
- Toma de datos topográficos
- Localización de monumentos
- Redes de GPS
- Toma de datos para SIG

3.5.7. Puntos GPS de precisión

Para georreferenciar con mayor precisión los datos tomados con el drone se tomaron dos puntos GPS de referencia, en el área de las obras de captación, desarenación y en las obras de conducción.

Los puntos tomados se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 19. Punto 1 GPS tomado en la zona del proyecto



				N° MOJON							
RESPONSABLES:				Cristhian Contero M.							
N° PUNTO:	1	CANTON:	RIOBAMBA								
PROVINCIA:	CHIMBORAZO	PARROQUIA:	PUNGALA								
											
						COORDENADAS GEOGRÁFICAS					
						LATITUD:	001º	52'	41,2961"		
						LONGITUD	078º	30'	40,4477"		
						grados sexagesimales					
						COORDENADAS UTM (WGS 84)					
						DATUM (17S)					
						Elipsoide					
						X:	776871.82 m E				metros
						Y:	9788523.74 m S				
Alt. Elipsoide:	3815,352										
PRECISION											
VERTICAL	4,082			HORIZONTAL	4,082						
OBSERVACIONES:											
TOMADO AL MARGEN IZQUIERDO DEL RIO EN SITIO DE CAPTACION											

Tabla 20. Punto 2 GPS tomado en la zona del proyecto

				N° MOJON		
RESPONSABLES:		Cristhian Contero M.				
N° PUNTO:	2	CANTON:	RIOBAMBA			
PROVINCIA:	CHIMBORAZO	PARROQUIA:	PUNGALA			
		COORDENADAS GEOGRÁFICAS				
		LATITUD:	001º	54'	35,5287"	
		LONGITUD	078º	30'	38,4508"	
		grados sexagesimales				
		COORDENADAS UTM (WGS 84)				
		DATUM (17S)				
		Elipsoide				
		X:	777180.99 m E			metros
		Y:	9788700.61 m S			
		Alt. Elipsoide:	3869			
PRECISION						
VERTICAL	6,279		HORIZONT	6,279		
OBSERVACIONES:						
TOMADO JUNTO AL CAMINO DE TIERRA AL MARGEN DERECHO DEL RIO A 200 M DE CAPTACION						

CAPITULO 4

DISEÑOS DE ESTRUCTURAS

4.1. Introducción

En un sistema de aducción, la obra de captación es de mayor importancia en la estructura hidráulica, la cual aprovisionará a un sistema de generación de riego, agua de consumo, generación de energía, entre otros. En base a estudios en modelos hidráulicos se ha ido desarrollando diferentes tipos de obra de toma, especialmente aplicados a transportar agua con sedimentos.

El desarrollo de embalses en el caso de sistemas en cuencas de montaña son limitados, debido a las circunstancias topográficas. Por lo que, es conveniente la derivación continua de los volúmenes requeridos de agua y transportarlos a través de galerías, canales y tuberías, que garanticen la demanda en los sistemas de recepción.

A partir de una estructura que garantice la operación del sistema, se despojarán decisiones respecto a los demás elementos de la obra.

La intervención en un recurso hídrico, ocasiona alteraciones aguas abajo de las obras de captación, lo cual implica tomar consideraciones de los impactos en los sectores ubicados en los niveles inferiores, al mismo tiempo en que la demanda definitiva satisfaga al proyecto.

4.2. Captación Zanampala

El diseño de un sistema de riego por tubería consta de una obra de toma en el río Zanampala en la cota 3800.00 msnm. del cual se captará un caudal constante óptimo de aprovechamiento de 0,40 m³/s que garantice la operación del sistema de riego, para lo cual está constituido por una de captación con rejilla de fondo y un azud que se acomode fácilmente al desarrollo natural del tramo del río, que permita el tránsito de las crecidas sin afectaciones por socavación local o por las altas velocidades de flujo, teniendo en cuenta que la obstrucción originada por el cierre u obra transversal cause un impacto mínimo en el cauce del río.

El ingreso de agua se procura que sea, en lo posible, libre de material sólido, para evitar la obstrucción de la rejilla de fondo.

La construcción será de fácil ejecución, preferentemente con materiales del lugar y las operaciones de mantenimiento serán poco frecuentes.

Tabla 21. Datos Generales del aprovechamiento del río Zanampala

Curso natural de captación	Caudal aprovechable m³/s	Caudal de Crecida (100 años de período de retorno) m³/s
Río Zanampala	0,40	12,30

En la siguiente figura se esquematiza la ubicación de la obra de captación, desripeador y tanque de sumergencia que será la entrada a la tubería de conducción a presión.

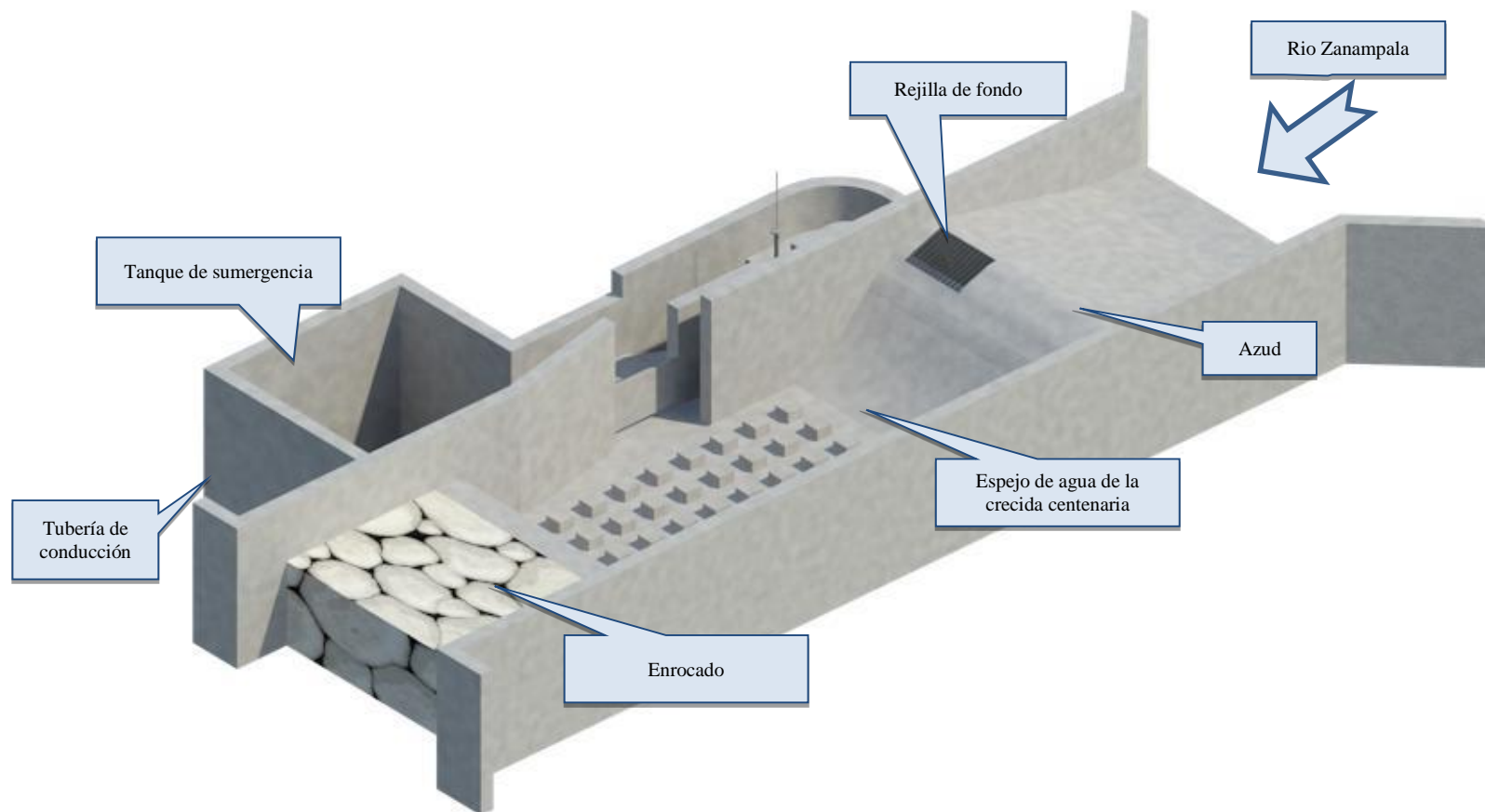


Figura 36. Implantación de la obra de captación y desripeador (Vista Lateral)

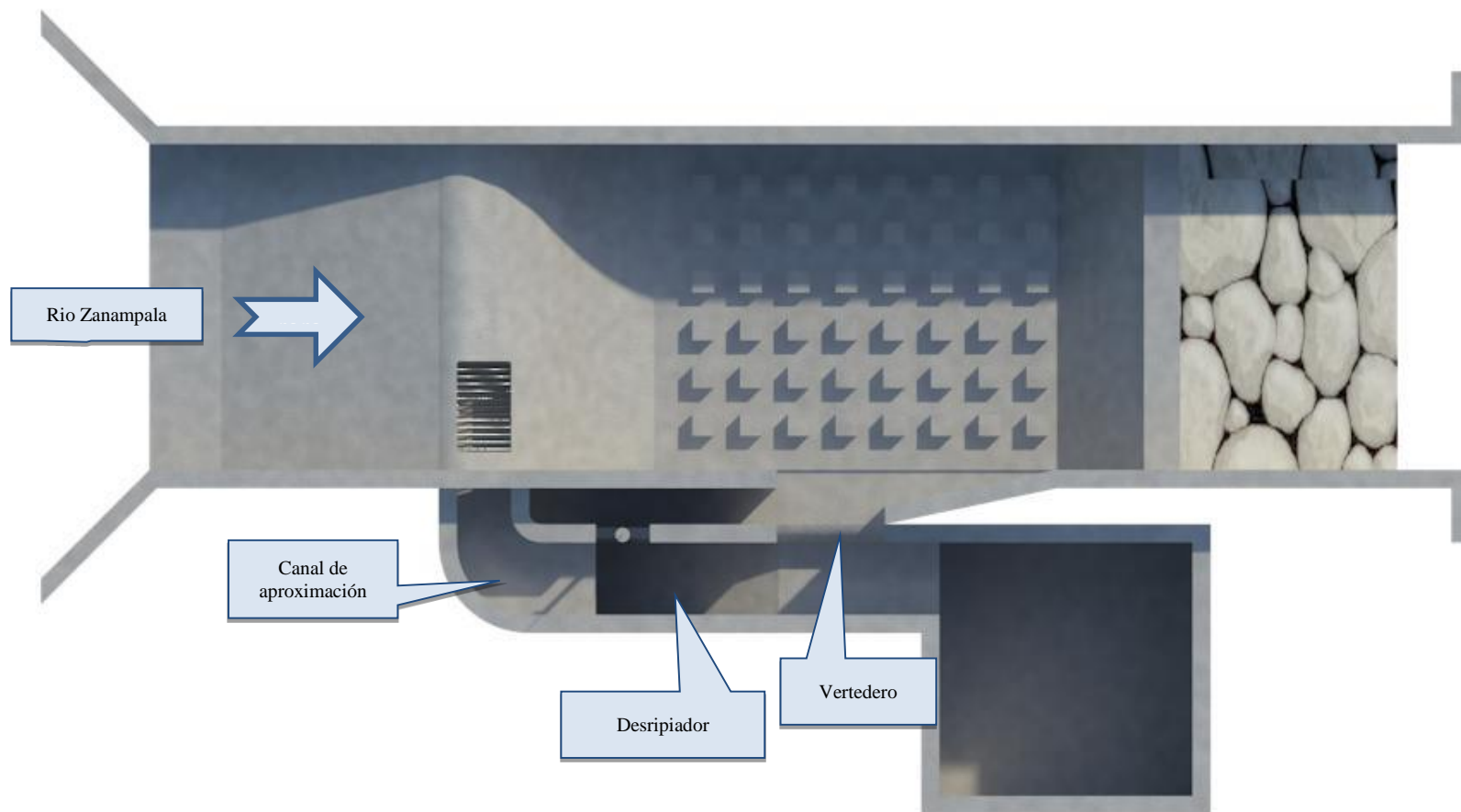


Figura 38. Implantación de la obra de captación y desripiador (Vista Superior)

4.3. Obra de Captación

El sitio seleccionado para la ubicación de la obra de toma en el río Zanampala permite la conducción a flujo libre, del caudal líquido captado hasta el tanque de sumergencia.

Las características morfológicas más relevantes del tramo del curso natural seleccionado para la bocatoma se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 22. Parámetros morfológicos relevantes en el tramo de ubicación

Parámetro	Valor
Pendiente longitudinal del tramo	8,3%
Ancho promedio del tramo	5 m

Considerando las condiciones geológicas-geotécnicas y de mecánica de suelos en la sección transversal de implantación de la obra de toma, así como la morfología del tramo; y, la variabilidad de los caudales líquidos y sólidos que escurren en el tramo de captación, se plantea que la captación sea una toma con reja de fondo, recomendada en literatura técnica para tramos con pendientes longitudinales suaves y para ríos en los que se producen crecidas poco violentas con arrastre mínimo de material sólido grueso, como es el caso del río Zanampala.

4.4. Objetivo

La obra de captación cumplirá con los siguientes objetivos:

- Garantizar la captación de un caudal de agua fijo para toda la gama de caudales de escurrimiento en el curso natural
- Minimizar el ingreso hacia la toma y hacia la conducción del material sólido grueso, favoreciendo el tránsito directo de éstos hacia aguas abajo del sitio.
- Lograr la exclusión de sedimentos, para lo cual es necesario una desviación artificial de las partículas sólidas desde la sección de entrada de la estructura.
- Garantizar la expulsión de los sedimentos que han ingresado hacia la bocatoma

- Satisfacer todas las condiciones de estabilidad y de seguridad necesarias para una obra fluvial
- Minimizar el efecto de las obras sobre el tránsito de toda la gama de caudales extraordinarios.

4.5. Criterios de diseño

Los criterios más relevantes considerados para el dimensionamiento de la estructura de captación son los siguientes:

- El diseño de la obra de Captación debe minimizar el ingreso de material sólido.
- Permitir el tránsito libre y eficiente de la serie de caudales característicos de un río de montaña.
- Reducir la obstrucción en el curso natural originada por la obra transversal de toma.
- Permitir el tránsito de las crecidas sobre el azud de toma, sin afectaciones graves por socavación local o por las altas velocidades de flujo en el tramo de aguas abajo del río Zanampala.
- Reducir el número de operaciones de mantenimiento requeridas para garantizar la operación adecuada de la obra de toma.
- Lograr una facilidad constructiva de las obras, aprovechando preferentemente los materiales del lugar.
- Adaptar la ubicación, el diseño y dimensionamiento de la estructura de toma al desarrollo natural del tramo del río Zanampala.

La captación se diseña para el caudal de aprovechamiento $Q = 0,40 \text{ m}^3/\text{s}$, incrementado en un 10%.

El incremento del 10% del caudal óptimo para el dimensionamiento de la estructura de captación, busca cumplir con los objetivos planteados para la cantidad y calidad del agua derivada, por medio de una limpieza continua del material sólido grueso que

ingresa a la galería de captación, a través de la compuerta de limpieza de esta estructura. Por lo tanto, este incremento en el caudal de diseño de la rejilla y de la galería de captación no incide en el dimensionamiento del desripeador y de la conducción hasta el tanque de sugerencia.

Las obras de disipación de energía y los niveles de los muros laterales se han diseñado para el caudal con período de retorno $TR = 100$ años, $Q_{100} = 12,30 \text{ m}^3/\text{s}$.

La obra de captación está conformada por los siguientes elementos:

- a. Azud o umbral de derivación, transversal a la dirección principal del flujo
- b. Reja de entrada
- c. Galeria de captación
- d. Transición de entrada
- e. Desripiador
- f. Canal umbral
- g. Canal de limpieza y compuerta
- h. Vertedero de excesos
- i. Tanque de sumergencia

La obra de rejilla de fondo consiste en un azud que cubre el ancho de la sección transversal del río y está conformado por:

La estructura de cierre, en la que se dispone de la rejilla de fondo, en una longitud menor al ancho total del azud. La rejilla tendrá una inclinación suficiente en el sentido de flujo, normalmente mayor que la pendiente longitudinal del río, para permitir que el material sólido o flotante pase sobre la rejilla y no la obture parcial o totalmente.

Aguas abajo de la estructura, se requiere de un dissipador de energía, cuyas dimensiones son en función de la altura del azud y del caudal de crecida adoptado para el diseño.

La rejilla de fondo se diseña para que la longitud (dimensión transversal a la dirección del flujo principal) sea adecuada para garantizar el ingreso del caudal de captación. Se la dispone a una altura conveniente sobre el lecho natural del río, para evitar que el material pétreo (piedra bola) pueda sobrepasarla.

La separación entre barrotes de la rejilla de toma se adopta igual a 5 cm y de este modo se define el tamaño máximo de material que ingresará a la galería inferior del azud de toma. La pendiente longitudinal de la rejilla es igual al 12%, con lo que se garantiza que el material sólido transita sobre ella. El agua que ingresa a través de la rejilla caerá sobre la galería de captación, desde donde se la conduce hacia la conducción.

La rejilla de fondo, ubicada sobre el azud de cierre, admite el tránsito tanto del material flotante como del material sólido grueso. De igual modo, la circulación del agua durante las crecidas extraordinarias, debe estar garantizada por encima de todo el ancho de la estructura de cierre, en dirección hacia aguas abajo, hacia la estructura de dissipación de energía.

Durante el estiaje, el caudal principal del río debe ser encauzado para que circule sobre la rejilla, ubicada en la parte alta del azud, de tal modo que se garantice la captación del caudal de diseño aún durante las épocas de aguas mínimas.

Sobre la rejilla de fondo circularán también los caudales máximos, en épocas de crecidas, captando el caudal requerido para conducirlo hasta el desripador. El exceso de agua respecto del caudal que será captado, circulará sobre toda la longitud del azud de cierre y descenderá sobre el cimacio hasta el zampeado de protección, luego del cual el flujo será entregado al cauce natural.

Como medida de protección se dispone un tramo de enrocado a continuación del zampeado.

La galería de captación está conformada por una cámara única ubicada directamente bajo la rejilla. El material sólido, con tamaño mayor a la separación entre barrotes de la rejilla de fondo ($\phi \geq 5$ cm), circulará sobre la misma hacia aguas abajo. En cambio, el material sólido que ingresa a través de la rejilla, cae en la galería junto con el caudal líquido. El dimensionamiento de esta galería corresponde al diseño de un canal con flujo espacialmente variado, con caudal unitario de aporte variable.

Para prevenir que el material sólido que ingresó hacia la galería no sea transportado hacia la conducción, el fondo de la galería tiene una pendiente longitudinal suficientemente fuerte para que las partículas sólidas sean arrastradas hacia el canal de limpieza, durante las operaciones de lavado de la galería.

Para favorecer el arrastre de los sólidos gruesos, el canal de lavado de la galería tendrá una alineación curva y la máxima pendiente longitudinal posible para evacuar el flujo al final del zampeado de protección aguas abajo del azud. Sobre una de las paredes laterales de este canal de lavado se dispone de un vertedero de excesos, que descarga hacia un canal de independiente paralelo al canal de lavado.

La longitud del zampeado de protección que se desarrolla aguas abajo del azud de toma será de longitud suficiente, en el sentido de la dirección del flujo, para garantizar la protección frente al riesgo de socavación en el lecho aluvial.

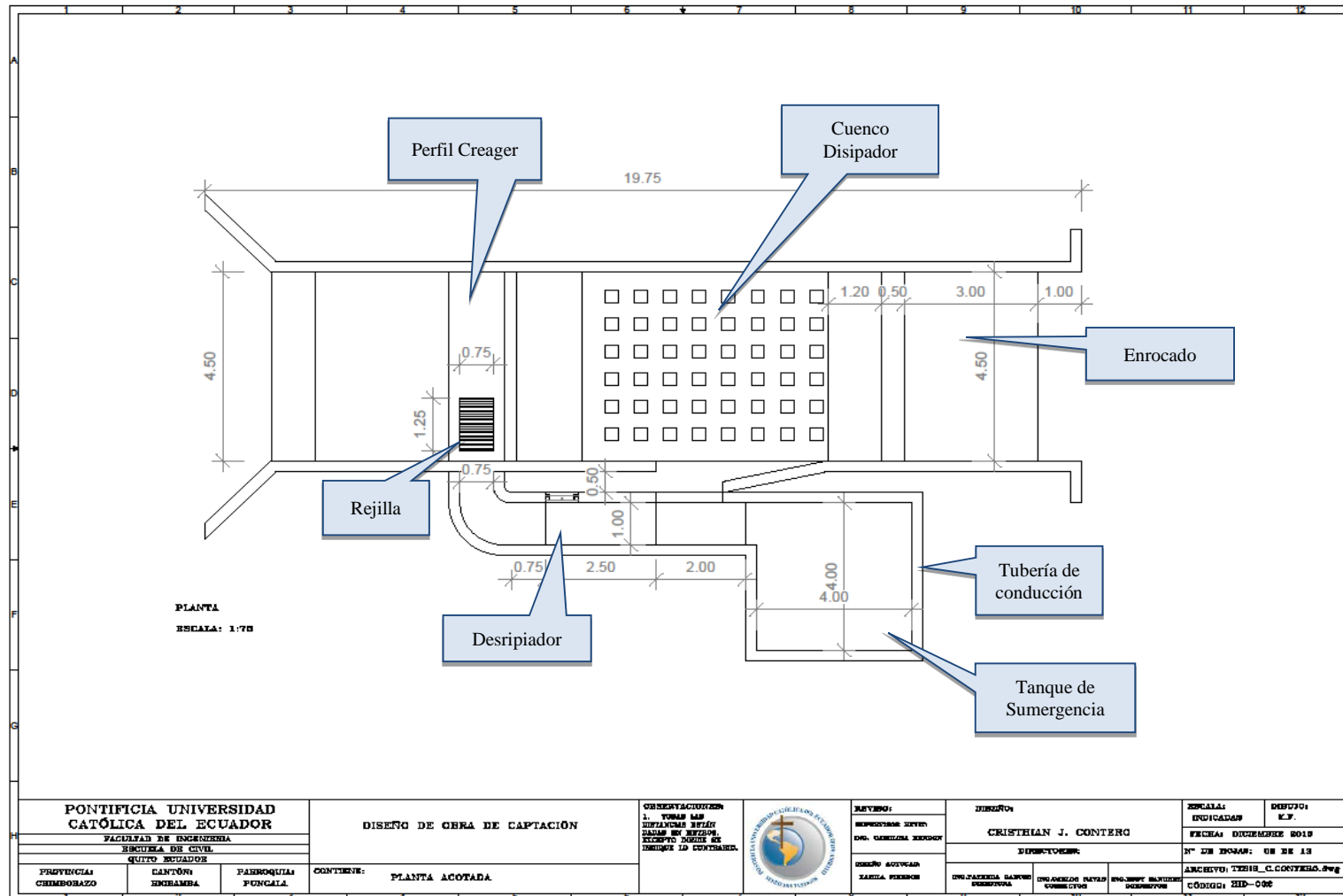
En la sección de entrega, aguas abajo del zampeado, se ha dispuesto la colocación de enrocado de protección con diámetros y espesores adecuados para las velocidades del flujo esperadas al final del mismo. El enrocado protegerá el cauce natural del efecto erosivo de la corriente, garantizando así la estabilidad de la bocatoma.

Como parte del control del tránsito de los caudales de crecida, se disponen también los muros de ala para estabilizar y proteger las márgenes laterales del curso natural así como para confinar el flujo de aproximación. Para establecer los niveles de crecida y por consiguiente, los niveles adecuados para los muros de protección; se realiza la

simulación numérica del flujo con la ayuda del software para Windows denominado HCanales V3.0.

En la figura siguiente se muestra la ubicación de los elementos principales de este componente:

Figura 37. Implantación de la obra de captación



4.6. Diseño de la Rejilla de captación

La rejilla de fondo se ubica en un tramo de longitud adecuada para garantizar el ingreso del caudal de captación. La rejilla tiene una longitud de 1,25 m y 0,75 m de ancho.

La separación entre barrotes de la rejilla se adopta igual a 5 cm y define el tamaño máximo de material que ingresará a la toma. La pendiente longitudinal de la rejilla de captación se adopta igual a 12%, con lo que se garantiza que el material sólido transite sobre ella. El caudal que ingresa a través de la rejilla caerá sobre la galería de captación, la misma que conduce el agua captada hacia la conducción, esto se lo muestra en la siguiente Figura.

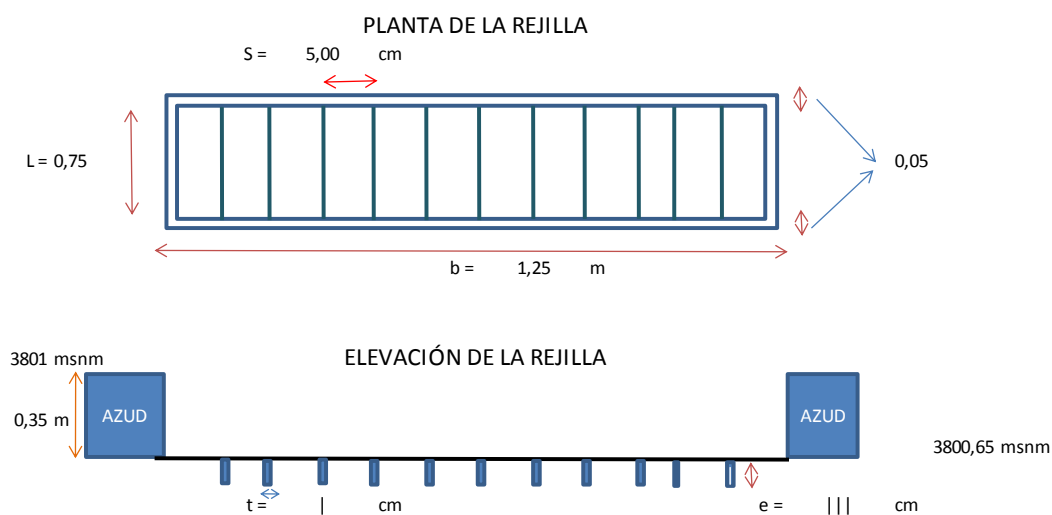


Figura 38. Rejilla de fondo

A continuación se muestra la forma de cálculo de la rejilla así como los parámetros y las ecuaciones que se utilizaron:

Datos

Características del río Zanampala:

Descripción	Símbolo	Unidad	Valor
Ancho del río en el lugar de captación	Br	M	4,5
Pendiente del río de la toma	l	m/m	0,083
Coefficiente de Manning en la sección del río	n		0,070

La siguiente tabla muestra valores del coeficiente de rugosidad de Manning teniendo en cuenta las características del cauce:

Corrientes Naturales	Coeficiente de manning
Limpias, orillas rectas, fondo uniforme, altura de lámina de agua suficiente	0,027-0,033
Limpias, orillas rectas, fondo uniforme, altura de lámina de agua suficiente, algo de vegetación	0,033-0,040
Limpias, meandros, embalses y remolinos de poca Importancia	0,035-0,050
Lentas, con embalses profundos y canales ramificados	0,060-0,080
Lentas, con embalses profundos y canales ramificados, vegetación densa	0,100-0,200 ¹
Rugosas, corrientes en terreno rocoso de montaña	0,050-0,080
Areas de inundación adyacentes al canal ordinario	0,030-0,200 ¹

Tabla tomada de S.M. Woodward and C. J Posey

"Hydraulics of steady flow in open channels".

Caudales de diseño para el río Zanampala

Descripción	Símbolo	Unidad	Valor
Caudal de captación	Q _{cap}	m ³ /s	0,40
Para el diseño se utiliza el caudal de captación + 10 %	Q _{dis}	m ³ /s	0,44

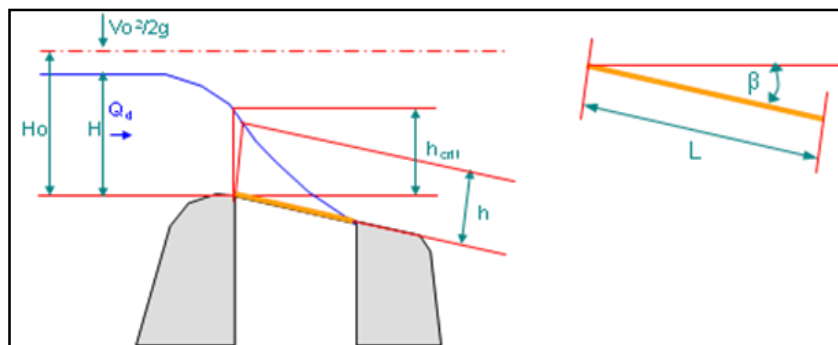


Figura 39. Detalle en perfil de la rejilla de captación

A fin de encontrar las características hidráulicas en el cauce natural, aguas arriba de la toma, se utiliza la ecuación de Manning:

$$Q_{dis} = 2,55ckbl\sqrt{H_0} \quad \text{Caudal de Diseño}$$

$$b = \frac{0,313Q}{ck_2^3 xL_2^3} \quad \text{Base de la rejilla}$$

La rejilla de fondo se dispone a una altura de 1,00 m sobre el lecho natural del río, para evitar que el material pétreo pueda sobrepasarla.

Cálculo

<i>Descripción</i>	<i>Símbolo</i>	<i>Unidad</i>	<i>Valor</i>
Espaciamiento entre barrotes	s	m	0,05
Espesor de la pletina	e	cm	3,18
Porcentaje de obstrucción de la rejilla	f	%	20,00
Coefficiente de contracción	C		0,461
Coefficiente de obstrucción	K		0,672
Base de la rejilla	b	m	0,75
Longitud de la rejilla	L	m	1,25
Carga de Agua (Energía aguas arriba)	Ho	m	0,35
Inclinación de la rejilla	i	%	12
Ancho de la pletina	t	cm	0,95

Observaciones:

El calado sobre la reja $H=0,35\text{m}$, corresponde al necesario para tener un caudal igual al de diseño de $0,44 \text{ m}^3/\text{s}$ y calculado con la formula mencionada anteriormente $Q_d = 2,55 c k b l \sqrt{Ho} = 2,55 * 0,461 * 0,672 * 0,75 * 1,25 * \sqrt{Ho}$; $L=1,25 \text{ m}$ Longitud de rejilla asumida que satisface con el caudal de diseño.

Donde: $C = Co - (0.325 * (i/100))$ y $Co = 0,6 \text{ para } \frac{e}{s} > 4$ $Co = 0,5 \text{ para } \frac{e}{s} < 4$

El coeficiente K que reduce el área total en área efectiva disponible para el caso del agua está dado por

$$K = (1 - f) \frac{s}{s + t}$$

Y el ancho necesario de rejilla sería

$$b = 0,313 \frac{Q}{(ck)^{3/2} L^{3/2}}, \text{ Donde } b = 0,75 \text{ m}$$

La dimensión constructiva adoptada para la longitud (b) de la rejilla, en el sentido de flujo, depende directamente de las dimensiones de la galería de recolección; en la cual se requiere que la altura de la pared no sea mayor a 1,00 m sobre el fondo del río, evitando así una excavación más profunda en el cauce. La optimización del dimensionamiento de la galería de captación por lo tanto adopta el mismo ancho para la rejilla.

El área neta requerida es igual a 0,94 m². Considerando un porcentaje de obstrucción admisible por falta de mantenimiento en la rejilla del 20%, se justifica mantener el ancho calculado de 1,25 m.

4.7. Galería de captación

La galería de captación está conformada por una cámara única ubicada directamente bajo la rejilla, que colectara el agua y conducirá a un canal lateral (tanquilla) en donde se hace un lavado por medio de un desripador, para luego entrar al canal umbral. El material sólido que ingresa a través de la rejilla cae en la galería junto con el caudal líquido. El dimensionamiento de esta galería corresponde al diseño de un canal con flujo gradualmente variado de caudal variable, como se muestra en la siguiente figura.

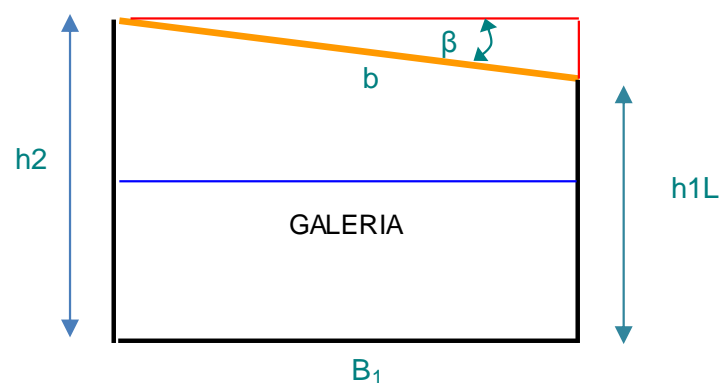


Figura 41. Corte transversal de la galería de captación

A continuación se muestra el cálculo de la galería de captación tipo Zamarín:

Datos

Descripción	Símbolo	Unidad	Valor
Caudal de captación	Q cap	m ³ /s	0,40
Para el diseño se utiliza el caudal de captación + 10 %	Q dis	m ³ /s	0,44
Coeficiente de maning para la galería	n		0,025
Largo de la rejilla	L	m	1,25
Ancho de la rejilla	B	m	0,75
Angulo de inclinación de la rejilla	β	°	12
Base de la galería, B=b*cosβ	B1	m	1,17
Base de la galería adoptado	B1	m	1,20

Para el valor del coeficiente “n”, se toma un valor igual a 0,025 que toma en cuenta las pérdidas adicionales que se producen por el flujo espiral y altamente turbulento en la galería.

Para obtener las dimensiones de la galería, se calcula el flujo de agua en la cámara que queda bajo la rejilla como un caudal variable desarrollado a lo largo de la rejilla. Se utiliza el método de Zamarín para la obtención del calado y fondo de la galería. (Sviatoslav Krochin, “Diseño Hidráulico”, 1986)

Las cotas del fondo de la galería se obtienen de la ecuación de Bernoulli:

$$\frac{V_1^2}{2g} + d_1 + i\Delta x = \frac{V_2^2}{2g} + d_2 + j\Delta x$$

Cálculos

Tabla 23. Diseño de la Galería de Captación

x	Q	v	A	d	P	R	R(4/3)	i	hf	Σhf	v ² /2g
0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,75	0,00	0,000	—	0,000000	0,0000000	0,05
0,25	0,09	1,22	0,07	0,06	0,87	0,08	0,036	0,02566	0,006416	0,0064156	0,08
0,50	0,18	1,44	0,12	0,08	0,92	0,13	0,068	0,01911	0,009556	0,0159714	0,11
0,75	0,26	1,66	0,16	0,10	0,94	0,17	0,093	0,01845	0,013835	0,0298068	0,14
1,00	0,35	1,88	0,19	0,10	0,95	0,20	0,115	0,01924	0,019238	0,0490444	0,18
1,25	0,44	2,10	0,21	0,10	0,95	0,22	0,133	0,02067	0,025839	0,0748832	0,22

Observaciones:

La ecuación de Bernoulli mencionada, indica el principio básico de que la energía se mantiene constante en todos los puntos analizados, para este caso los puntos analizados corresponden a los valores de X desde 0.0m hasta 1,25 m que es la longitud total de la galería, por lo tanto el cuadro anterior es un desarrollo de ese principio básico de forma tabulada entre los puntos X=0,00 y X=0,25; X=0,25 y X=0,50; así de este modo hasta X=1,25 (Para mayor referencia se recomienda revisar Diseño Hidráulico. S. Krochin mencionado en la lista de bibliografía al final de la presente tesis)

Q_x: es el valor de caudal obtenido con relación directa en función de la distancia, por ello para una distancia de X=0 el caudal también es Q_x=0m³/s y para la longitud total de la galería X=1,25 ingresa una totalidad del caudal de Q_x=0,44m³/s.

V_x: es el valor de velocidad en cada punto asumiendo un valor inicial de V_x=1m/ y un valor final de 2,10 m/s y obteniendo los demás en relación directa a la distancia "X" (pág. 113 - Diseño Hidráulico. S. Krochin)

P: es el perímetro mojado para cada punto mientras que **J** es la gradiente hidráulica que se obtiene con la fórmula de Chezy $J = \frac{V^2}{C^2 R}$; siendo "R" el radio hidráulico.

$$J_{\text{comp}} = \frac{V^2 * n^2}{(R^{4/3})^2}, \text{ esto para cada punto con el cual se comprueba } J=J_{\text{comp}}$$

$$hf = J_{\text{com}} * \Delta x \text{ para cada punto}$$

El nivel de la solera es el resultado de la sumatoria de: $d + \sum hf + \frac{V^2}{2g}$ para cada punto

Δz : Es el nivel libre de agua que se obtiene desde el nivel de la solera sumado el calado "d"

x	d+ $\sum hf + V^2/2g$	Δz : Cota	d+perdidas+seguridad
0,00	0,05	3800,95	0,23
0,25	0,14	3800,86	0,32
0,50	0,21	3800,79	0,39
0,75	0,27	3800,73	0,45

1,00	0,33	3800,67	0,51
1,25	0,40	3800,60	0,58

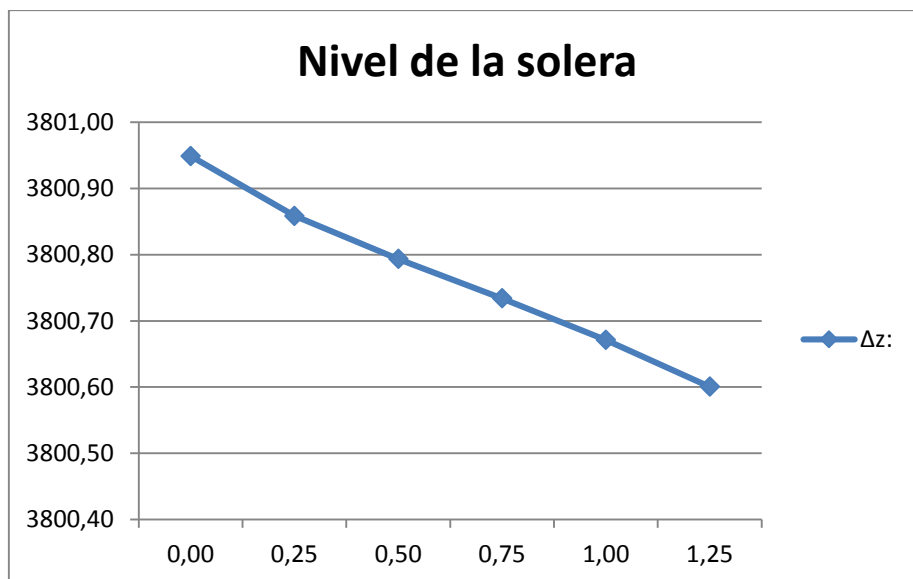


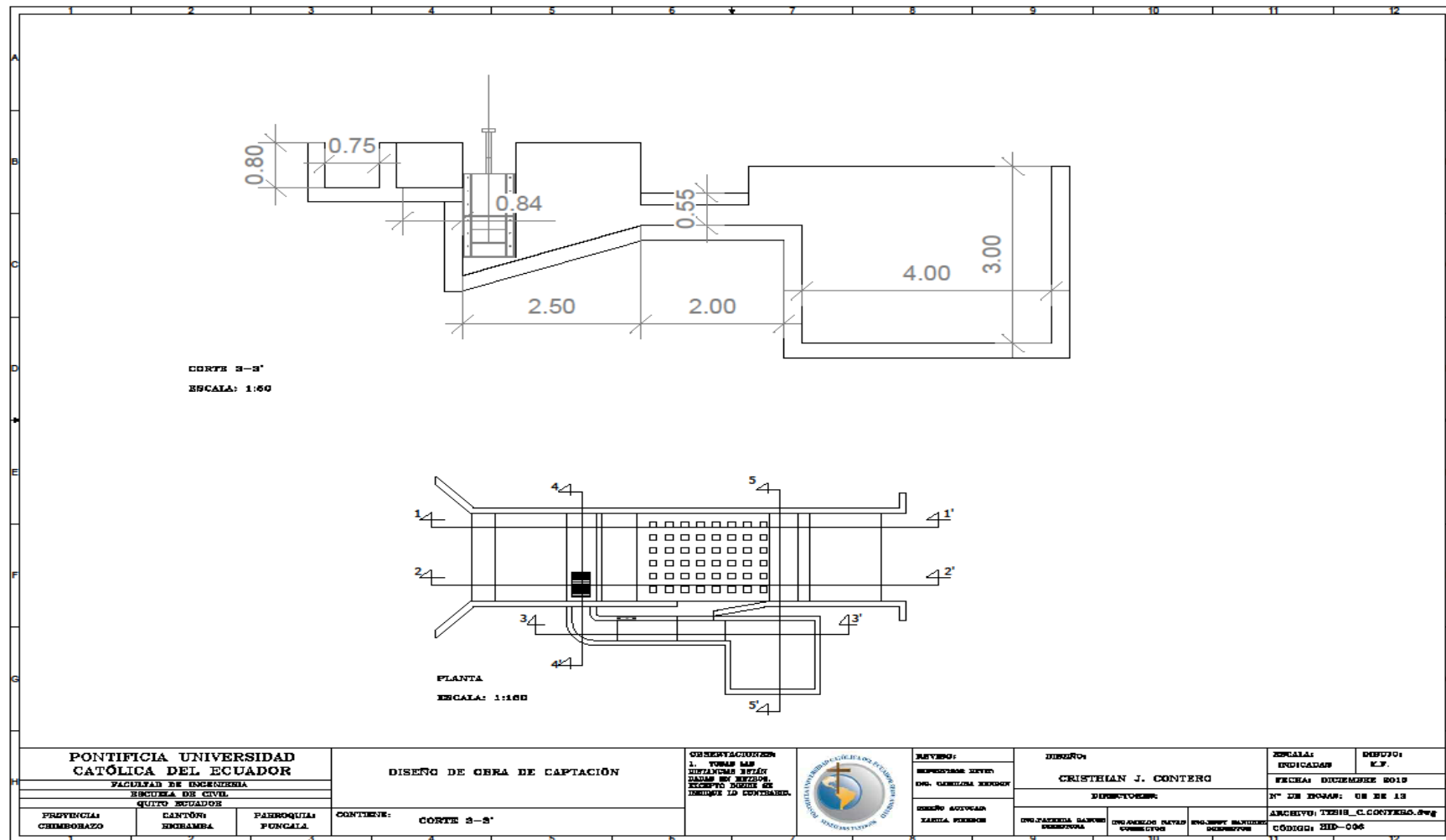
Figura 42. Profundidad del canal de gasto variable y perfil de flujo en su interior

Para garantizar que la altura de la galería incluya la profundidad de agua en el interior de la galería y un franco libre (Δz) adecuado para su funcionamiento se selecciona, como altura de la primera pared un valor aproximado a 0,60 m; y como valor de la segunda pared el resultado de considerar la inclinación de la rejilla igual al 12°.

<i>Descripción</i>	<i>Símbolo</i>	<i>Unidad</i>	<i>Valor</i>
Altura mínima de la primera pared	h1	m	0,60
Altura de la segunda pared adoptada constructivamente a nivel de perfil Creager	h2	m	1,00

En la Figura siguiente, se muestra la galería de captación con los valores de las dimensiones calculadas:

Figura 43. Esquema de la galería de captación



4.7.1. Canal de umbral

Para los análisis hidráulicos y de control de los niveles normales de operación en las obras de captación, se procedió a la determinación del Canal de Umbral, para de este punto definir las características de los elementos aguas arriba como en este caso es el desripiador y aguas abajo de la estructura de la obra de captación, las cuales se muestran en el siguiente esquema.

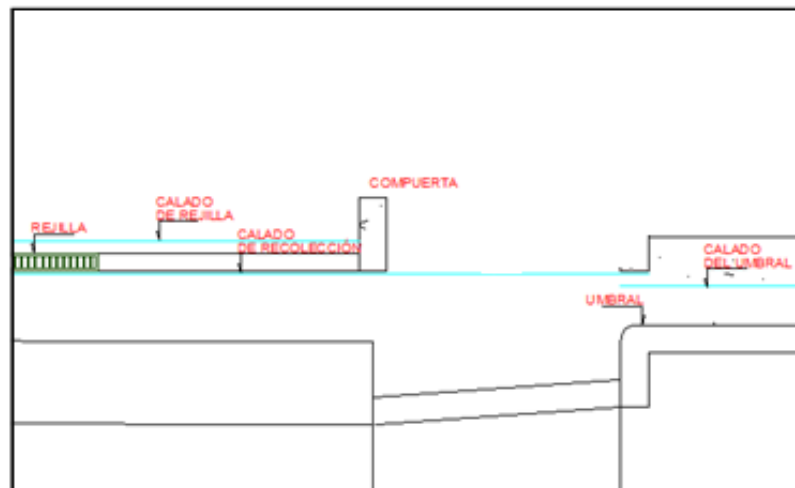


Figura 36. Esquema del umbral usado en el dimensionamiento de las obras.

El canal tiene como función recolectar las aguas procedentes seguidamente del desripiador, además de estabilizar el calado de la lámina de agua y la velocidad del flujo.

Dentro de las características asumidas, se define la velocidad de flujo que condiciona las dimensiones transversales del canal y la sumergencia, que determina la relación entre la profundidad del canal (calado en el canal) y la profundidad del desripiador; es decir, que permite determina la profundidad en la que, la condición de umbral sumergido es factible. Esta condición admite que el flujo dentro del canal de umbral tenga un flujo suscritico ratificando el control de la velocidad de flujo.

Se procura que el canal trabaje a una velocidad de flujo de 1 m/s garantizando el mejor funcionamiento de los elementos de las obras de limpieza. Se emplea la siguiente fórmula de cálculo.

$$Q = b * h * V$$

Ecuación general de continuidad para flujo permanente unidimensional

Dónde:

Q es el caudal óptimo

b es el ancho del canal

h es el calado efectivo en el canal

V es la velocidad determinada de flujo y debe ser de aproximadamente 1m/s

Cabe mencionar que para este cálculo se definió varios datos como asumidos, así mismo como otros son característicos de los materiales usados, en resumen se tendrá la siguiente información:

Tabla 21. Tipo de información para el dimensionamiento del canal de umbral

ELEMENTO	TIPO DE INFORMACION	VALOR
Q m ³ /s	DATO caudal óptimo	Caudal óptimo
COEF MANNING n	DATO para hormigón	Para hormigón
VELOCIDAD m/s	CALCULADO aprox= 1m/s	Aproximadamente 1m/s
CALADO m	CALCULADO	H. Canales
ANCHO DEL UMBRAL m	ASUMIDO	H. Canales

Simulación numérica con la ayuda del software para Windows denominado HCanales V3.0.

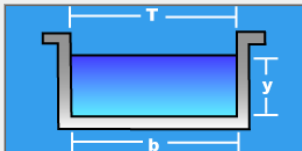
HCANALES la forma más fácil de diseñar canales y estructuras hidráulicas

Tirante-Normal Tirante-Crítico Resalto-Hidráulico Remanso Caudales Otros Medición Estructuras Ayuda

Cálculo de tirante normal secciones: trapezoidal, rectangular, triangular

Lugar: **Calseg Puruhay** Proyecto: **Tesis**
Tramo: **Canal Umbra** Revestimiento:

Datos:
Caudal (Q): **0.40** m³/s
Ancho de solera (b): **0.80** m
Talud (Z):
Rugosidad (n): **0.013**
Pendiente (S): **0.001** m/m



Resultados:
Tirante normal (y): **0.5461** m Perímetro (p): **1.8923** m
Área hidráulica (A): **0.4369** m² Radio hidráulico (R): **0.2309** m
Espejo de agua (T): **0.8000** m Velocidad (v): **0.9155** m/s
Número de Froude (F): **0.3955** Energía específica (E): **0.5889** m·Kg/Kg
Tipo de flujo: **Subcrítico**

Calcular Limpiar Pantalla Imprimir Menú Principal Calculadora

Ingresar el nombre del tramo del canal 15:51 26/11/2015

El valor de la velocidad de flujo se obtiene de la ecuación mencionada

$$0,40 \frac{m^3}{s} = 0,80m * 0,55m * V \frac{m}{s}$$

$$V = \frac{0,40 \frac{m^3}{s}}{0,80 m * 0,55 m} = 0,90 \frac{m}{s}$$

Tabla 22. Características del canal de umbral

ELEMENTO	TIPO DE INFORMACION
Q m³/s	0,40
COEF MANNING n	0,013
VELOCIDAD m/s	0,90
CALADO m	0,55
ANCHO DEL UMBRAL m	0,80

Para la comprobación de la sumergencia del canal de umbral se definió un proceso interactivo que permite definir la relación entre profundidad del canal de umbral y la profundidad del desripador.

Esta relación se rige bajo la siguiente relación:

$$Q = m \times b \times \varepsilon \times \delta_s \sqrt{2g} H_0^{3/2}$$

$$m = 0.36 + 0.01 \frac{(3 - P_1/H_0)}{1.2 + 1.5(P_1/H_0)}$$

$$H_0 = 0,55$$

$$P_1 = 0,65$$

$$m \text{ factor de sumergencia} = 0,37$$

$$e \text{ coeficiente de contracción} = 0,79$$

$$\delta_s \text{ Contracción de altura crítica } (0,97 \cdot e) = 0,76$$

(Ecuaciones del Libro de Mecánica de fluidos e hidráulica, Giles R)

En el proceso iterativo varía la relación entre el calado del desripador mínimo para garantizar sumergencia, y la profundidad del desripador bajo el umbral (p/H_0) misma que determinara el caudal que ingresa en el canal de umbral.

P/ho	m	e	d	q	P1
1,18	0,36613	0,79	0,7663	0,40045372	0,65

Dónde:

CAUDAL DE DISEÑO Qm^3/s	0,40
ALTURA DE SUMERGENCIA H_0	0,55
PROFUNDIDAD DEL UMBRAL P1	0,65
ANCHO DEL UMBRAL B	0,80
COEFICIENCIA DE CONTRACCION e	0,79
CONTRACCION DE ALTURA CRITICA δ_s	0,76

Una vez determinada esta relación se debe definir las pérdidas en el sistema por el paso en la compuerta de control del umbral, teniéndose así el calado efectivo con que debe funcionar el desripador.

$$h_e = k_c \frac{v^2}{2 \times g}$$

Tomado de Pequeñas Centrales Hidroeléctricas, Ortiz F. Ramiro, página 221

h_e es la pérdida en las compuertas

k_c es el factor de corrección para compuertas

v es la velocidad de ingreso a la compuerta

g es la aceleración de la gravedad

Esta fórmula para la determinación de las pérdidas, corresponde a las pérdidas en accesorios en conducciones a gravedad. Siendo el factor k_c un factor adimensional determinado por experimentación en cada uno de los accesorios de una conducción. Teniéndose el siguiente análisis:

Tabla 23. Determinación de la pérdida en la compuerta del umbral

Q	0,40	m ³ /s
bc3	0,80	m
hc3	0,55	m
Ac	0,44	m
Vc	0,90	m/s
Kc	0,10	
Hc	0.0035	m

De este análisis se determina el nivel normal de operación del desripador como la suma algebraica entre el nivel del umbral y la pérdida calculada en la compuerta de paso al canal de umbral.

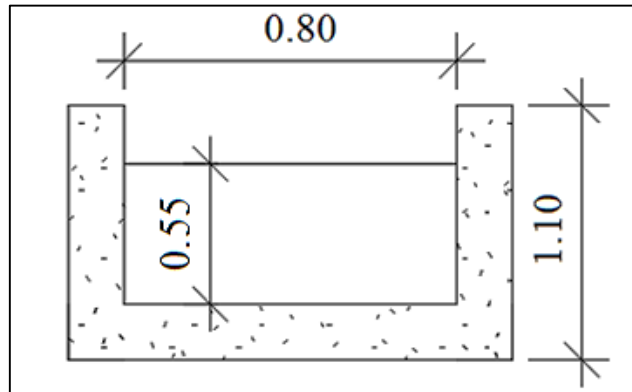


Figura 37. Esquema del canal de umbral

4.8. Desripiador-Canal de limpieza-Compuerta

Esta obra se la ha diseñado para acumular el material sólido que logre atravesar la rejilla y eliminarlo a través de una compuerta con salida a un canal cuyo destino final es el río, el proceso detallado del dimensionamiento de estas obras se presenta a continuación:

Desripiador

Es una cámara que realizara la limpieza del agua, contara con una pendiente alta contraria al flujo mismo que garantizará la recolección de las partículas decantadas hacia la compuerta de limpieza. Al final del desripiador se coloca una compuerta plana que será con la que se opere la limpieza.

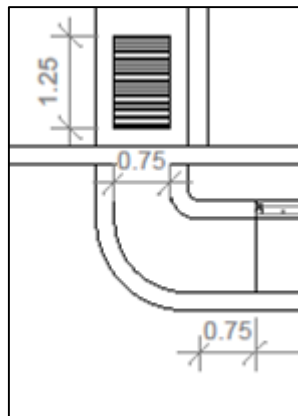


Figura 38. Esquema de desripiador

Para el dimensionamiento de este elemento de limpieza nos basamos en la curva de Shelds misma que relaciona la velocidad de flujo del agua en función del diámetro de los sólidos a decantarse en el desripiador, dicha curva se muestra a continuación:

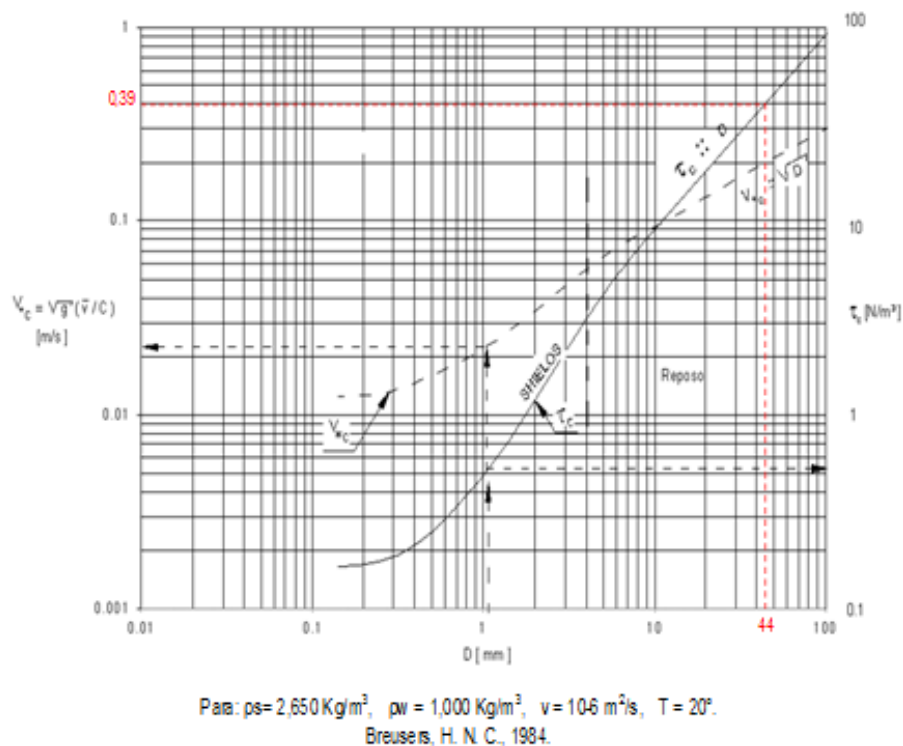


Figura 39. Variación de las partículas decantadas en función de la velocidad, Curva de Shelds

La importancia de determinar la velocidad de flujo dentro del desripiador es fundamental debida a que en función de esta se garantiza la decantación de las partículas dentro de esta cámara. Para las condiciones presentes en el río Zanampala se escogió un diámetro de partículas a decantar en el desripiador de 44 mm, mismo que determina una velocidad de 0,39m/s. Dato necesario para el dimensionamiento de la cámara desripiadora.

Una vez conocida la velocidad de decantación de las partículas, se determina las dimensiones (largo, ancho y profundidad) del desripiador.

$$Q = b * h * V$$

Ecuación general de continuidad para flujo permanente unidimensional

Dónde:

Q es el caudal de diseño, $Q_{dis} = 0,44 \text{ m}^3/\text{s}$

b es el ancho del desripiador, asumido igual a 0,75 m por la base de la galería.

h es el calado efectivo en el desripiador

V es la velocidad determinada en la curva de Shelds, 0,39 m/s

El valor del calado efectivo en el desripiador se obtiene de la ecuación mencionada

$$0,44 \frac{m^3}{s} = 0,75 m * h * 0,39 \frac{m}{s}$$

$$h = \frac{0,44 m^3/s}{0,75 m * 0,39 m/s} = 1,50 m$$

Tabla 24. Características del desripiador.

Q	0,44	m ³ /s
MANNING	0,013	n
CALADO	1,50	m
V	0,39	m/s
B(ancho)	1,00	m
L(longitud)	3,00	m

Observaciones

La longitud de vertedero es asumida por las condiciones topográficas del terreno.

Para obtener el calado del desripeador inicial después de salir de la galería de captación es el resultado del calado calculado de agua al final de la galería de captación= 0,60 m más p2 min=0,90 m de grada existente necesaria para cumplir con el calado de 1,50 m del calado del desripeador.

P2 constructivamente =1,0 m

Para garantizar que el vertedero de captación descargue a flujo libre se verificó si el flujo presenta sumergencia.

Dada la implantación de la captación se ha dispuesto de un desripiador, ubicado a continuación de la galería de captación, cuyo fondo tendrá una pendiente de 6% y con una longitud calculada de 2,5 m desde la salida de la galería de captación determinada por los paramentos de la galería calculados para que cumplan la sumergencia del fluido.

DATOS

P2=1,00

P1=0,75

Diferencia de P2-P1=0,25: se asume una pendiente del 10%

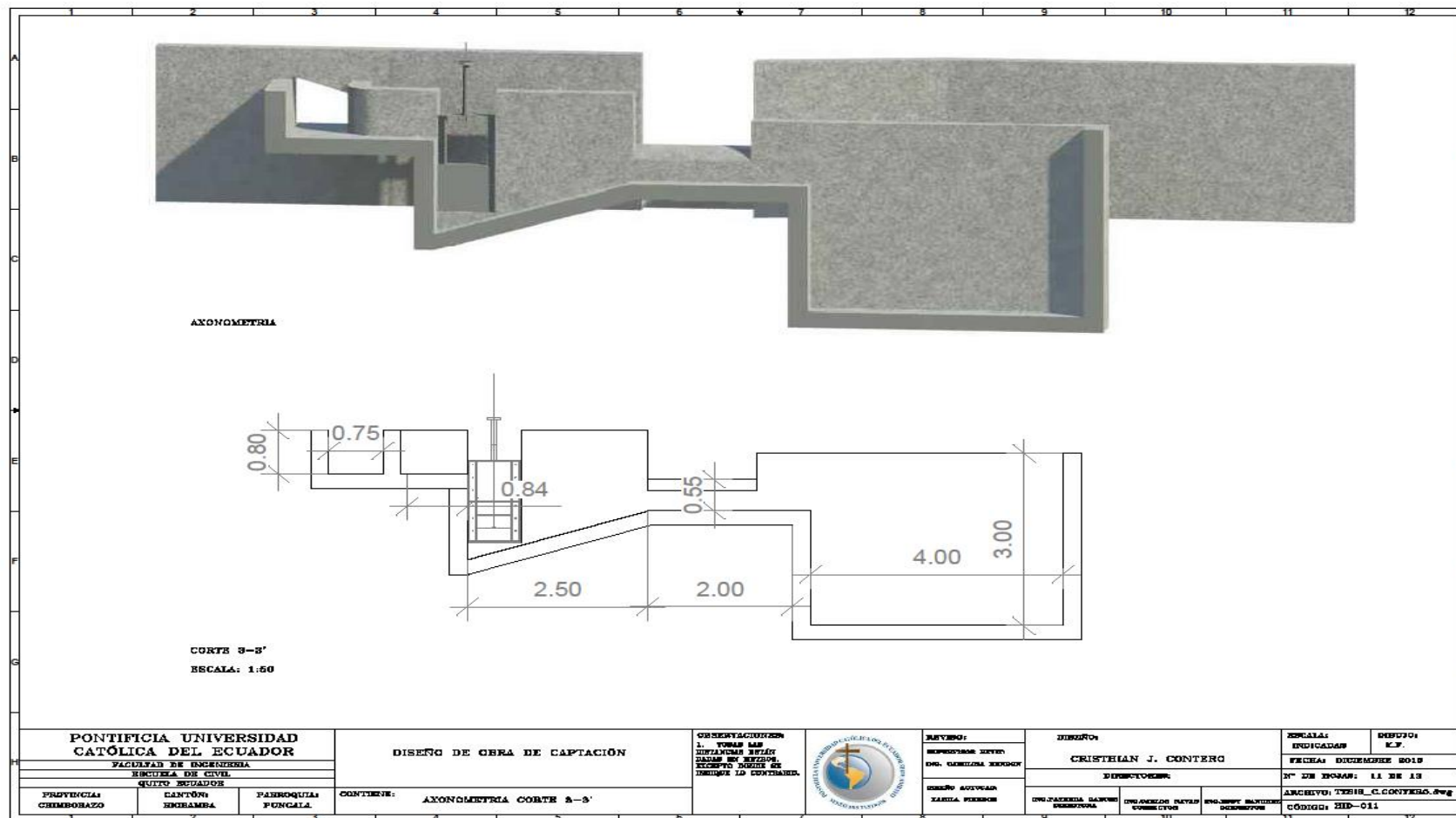


Figura 40. Esquema en corte del despiador y del orificio de limpieza

4.9. Tanque de sumergencia:

El tanque de sumergencia o carga proporciona desde el canal umbral a la tubería flujo a presión. Al ser un elemento de control del calado que ingresa a la conducción debe mantener un nivel constante y el volumen definido garantizando una cantidad de agua suficiente como para evitar el vacío dentro de la conducción.

La geometría y niveles de operación del tanque evitarán el ingreso de aire y/o de material flotante hacia el tubo a presión.

Este tanque responderá entonces a este tiempo de retención rigiéndose a las siguientes ecuaciones:

$$Vol = Q * Tr$$

Dónde:

Q es el caudal de diseño

V es el volumen de retención

Tr es el tiempo de retención

El volumen del tanque se determinara para un tiempo de retención de 3 min.

$$Vol = 0,40 \frac{m^3}{s} * 3 min * \frac{60s}{1min} = 72 m^3$$

Tabla 25. Características del tanque de carga

B	4,00	m
L	6,00	m
H	3,00	m
Vol.	72,00	m ³
t ret	3	min

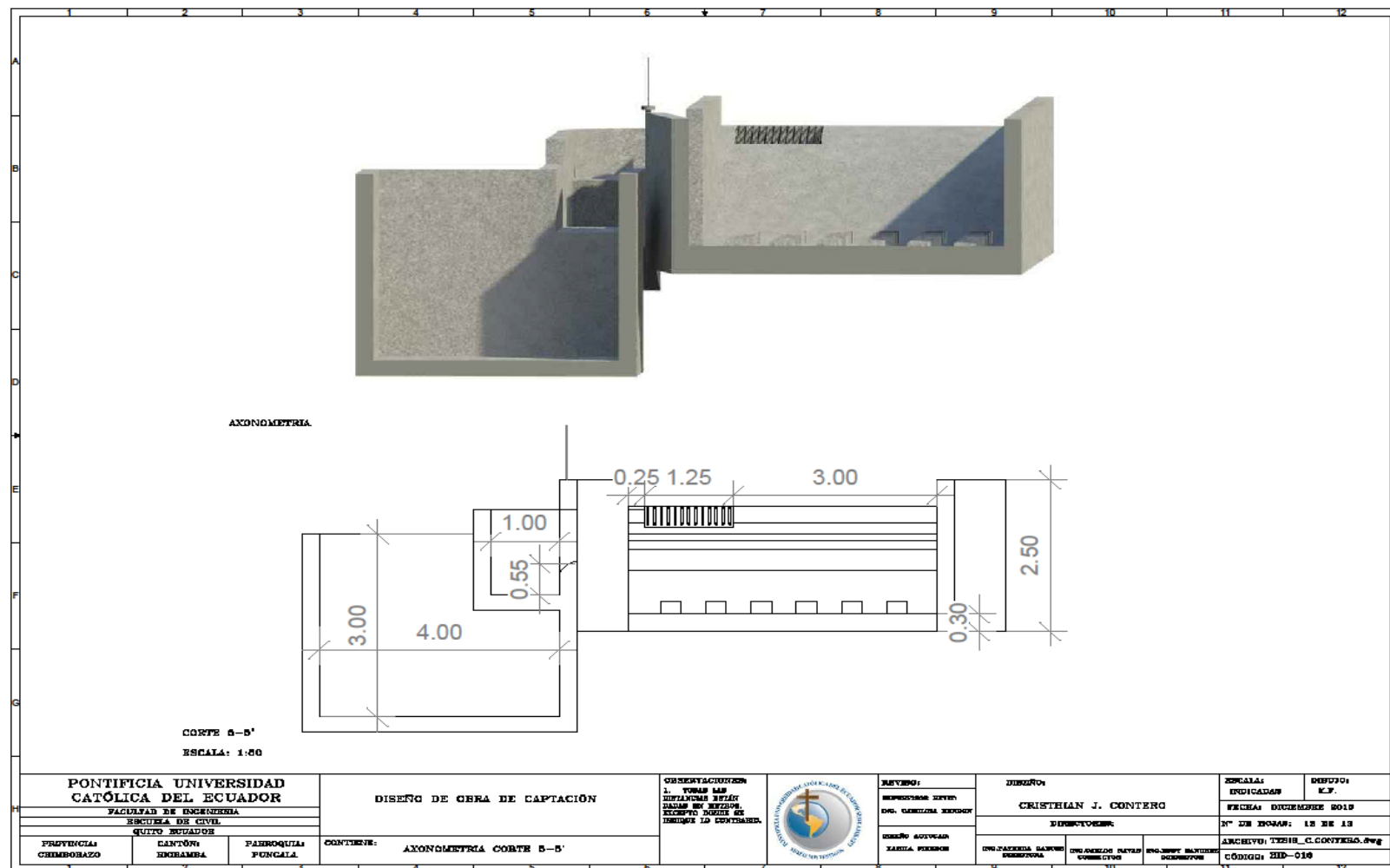


Figura 41. Esquema del tanque de carga

4.10. Azud de derivación

Las tomas convencionales se componen por una obra de cierre conocido como dique o azud, este tiene como objetivo principal dirigir las aguas hacia la reja de captación, además, en máximas crecidas regular la energía con las que dichas aguas pasan por la obra de captación de manera que no afecte el funcionamiento de las demás obras necesarias para la captación del agua.

Este elemento cuenta con un vertedero mismo que evacuará los excesos y el caudal ecológico que pase, además de un cuenco disipador de energía que permite la generación de un remanso hidráulico en la máxima crecida del río y controlando la reducción del impacto generado por el paso de esta crecida aguas abajo del cierre del río.

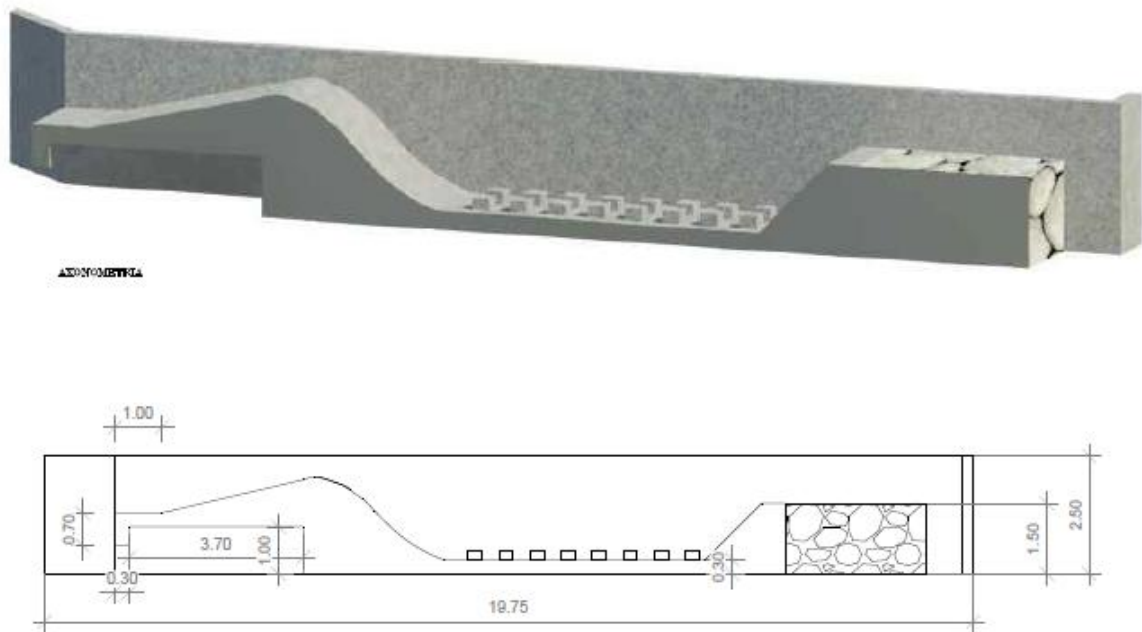


Figura 42. Esquema general del azud de derivación

Es un perfil creager diseñado para evacuar el caudal de máxima crecida del río en un tiempo de retorno de 100 años este perfil se definirá bajo las condiciones expuestas en la bibliografía especializada en especial bajo los conceptos del Bureau of Reclamation, entidad que definió el proceso para la determinación del perfil. La definición de este elemento del cierre de la captación se calculará bajo el siguiente proceso:

$$\frac{y}{H_o} = -K \left(\frac{x}{H_o} \right)^n$$

Determinar la carga máxima sobre el vértice del perfil con el caudal de máxima crecida que determinara los valores de los coeficientes que concretan la forma del perfil con los siguientes ábacos:

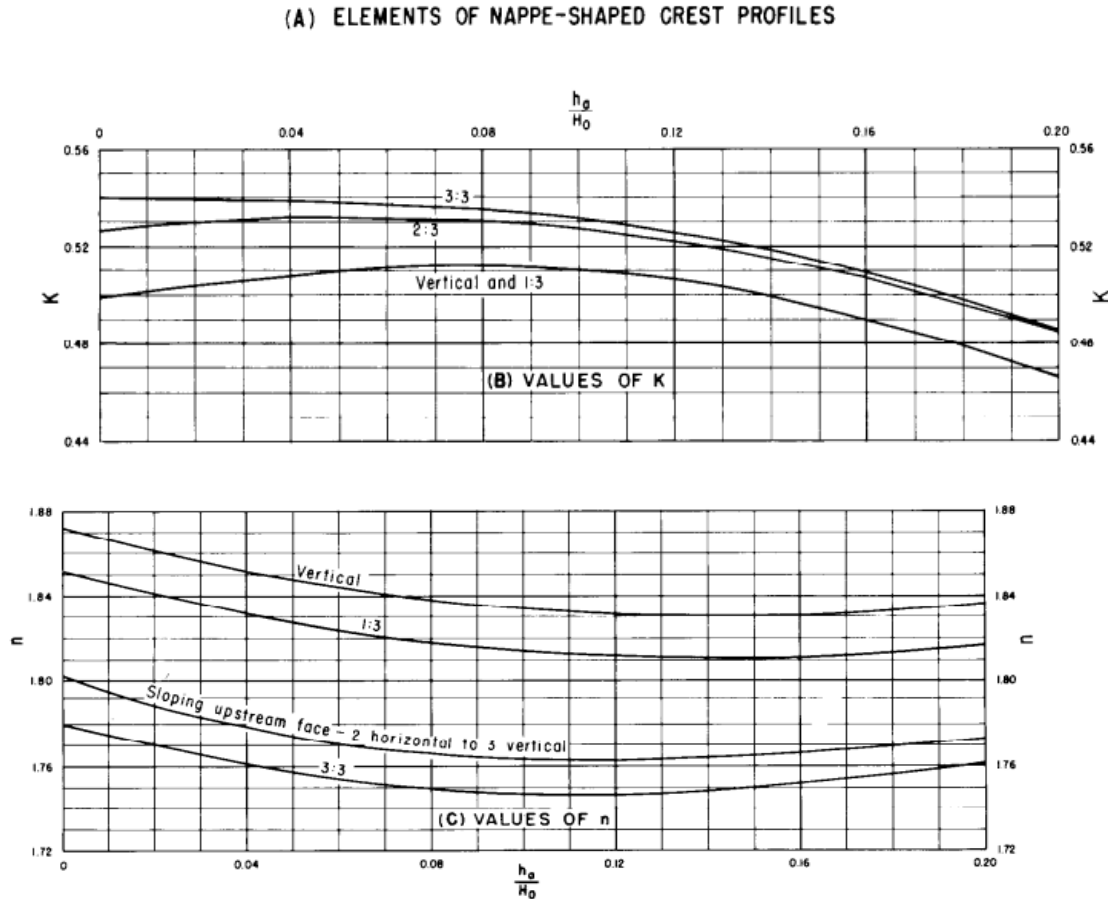


Figura 43. Ábacos para la determinación del perfil hidrodinámico

Para la determinación de los coeficientes k y n necesarios para la forma del perfil del azud que tendrá la máxima crecida en el vertedero, se establece mediante un proceso iterativo en el que se asume el valor de P/H_0 , para de este obtener el valor del coeficiente de contracción de Gehy, y del calado H_0 en el vertedero, el proceso se detiene cuando al comprobación del coeficiente P/H_0 es el mismo del asumido en el inicio.

El valor del coeficiente de Gehy se obtiene con la siguiente formula:

$$0,034 * \frac{P}{H_0}^2 + 0,145 * \frac{P}{H_0} + 2,031$$

Coeficiente de Gehy:

Tabla 26. Interacciones para determinar el calado del vertedero

P/Ho	C	Ho	P/Ho
0,87	2,13	1,180	0,847
0,86	2,13	1,180	0,846
0,85	2,129	1,180	0,846
0,84	2,128	1,181	0,846
0,83	2,127	1,181	0,846
0,82	2,127	1,181	0,846

Ho=1,18 m

Obtenido este valor se determina los coeficientes n y k mismos que al ingresar a los ábacos para la determinación del perfil hidrodinámico, donde Ho es la carga con la que ingresa el agua al vertedero del azud. Se obtiene un valor de velocidad de 1,325 m/s de manera aproximada con H Canales 3.0V; el valor de la carga de agua se determina mediante la siguiente formula:

$$ho = \frac{v^2}{2 * g}$$

Datos para determinar k y n:

Tabla 27. Características del perfil Creager

L	4,50
Ho	1,18
V	1,325
P/Ho	0,85

K= 0,52

N=1,76

Estos coeficientes se reemplazan y se tiene la siguiente ecuación:

$$\frac{y}{0,52} = -0,51 * \frac{x^{1,76}}{0,52}$$

Reemplazando valores de x se tiene las siguientes coordenadas para el perfil:

Tabla 28. Coordenadas del perfil Creager

x	y
----------	----------

0	0
0,25	0,0679
0,5	0,2301
0,75	0,4697
1	0,7793

Representado de manera gráfica el perfil tendrá la siguiente estructura:

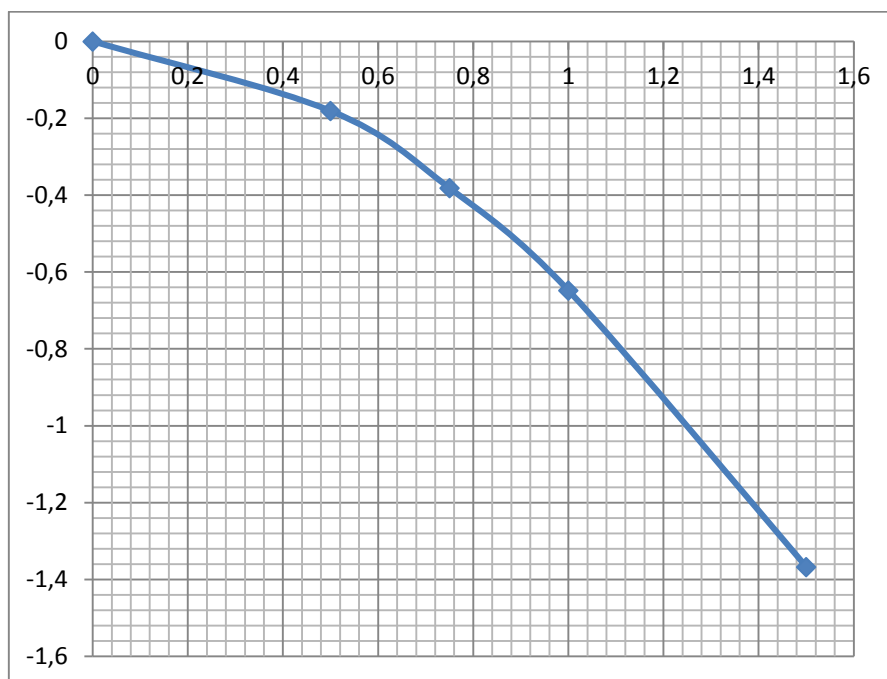


Figura 44. Coordenadas del perfil hidrodinámico

4.11. Cuenco disipador de energía:

Este elemento tiene como función principal disipar la energía del agua que pase sobre el azud, evitando efectos como la socavación que podría provocarse aguas abajo del cierre de captación. Consiste en un tanque ubicado después del perfil de la captación, donde se almacenara agua y delimitado por un pequeño dique de control con un enrocado para realizar de esta manera una mayor disipación de la energía que sale como excesos de la captación.

Este elemento designara la longitud final de la obra de cierre, y se rige al siguiente análisis:

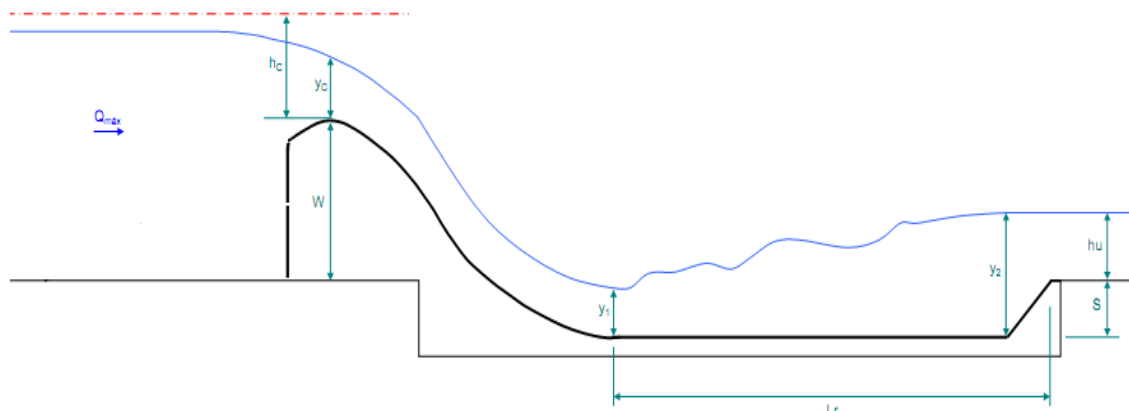


Figura 45. Esquema energético del cuenco disipador de energía

Características del río Zanampala			
BR	4,5	m	Ancho del río en el lugar de captación
l	0,083	m/m	Pendiente del río en el sitio de la toma
n	0,07		Coefficiente de Manning para la sección del río
Caudal de diseño			
Qmáx	12,305	m ³ /s	Para periodo de retorno de 100 años
Datos generales			
p	1	m	Altura del paramento aguas arriba
Yc	1,15	m	Altura del calado crítico en el perfil tipo umbral
m	1	m/m	Horizontal en la pendiente del diente que forma el cuenco disipador

Calculo de calados			
w	2,15	m	Altura total del vertedero, W=p+Yc
Yc	0,91	m	Calado sobre vertederos, calado critico $y_c = \sqrt[3]{\frac{Q_{\max}^2}{g \cdot Br^2}}$
hc	1,37	m	Calado crítico+Carga de velocidad crítica, hc=1,5*Yc
E	3,52	m	Energía total disponible sobre el lecho del río orñiginal, E=W+hc
y1	0,3643	m	Calado contraído, perdidas: 10% $Q_{\max} = \frac{1}{n} \cdot \left(\frac{B_r \cdot h_u}{B_r + 2 \cdot h_u} \right)^{2/3} \cdot I_1^{1/2} \cdot B_r \cdot h_u$
E(Y1)	3,52	m	El valor de y1 es aceptable $E = y_1 + 1.1 \cdot \frac{Q_{\max}^2}{2 \cdot g \cdot y_1^2 \cdot Br^2}$
y2	1,86	m	Calado conjugado, $y_2 = -\frac{y_1}{2} + \sqrt{\frac{y_1^2}{4} + \frac{2 \cdot Q_{\max}^2}{g \cdot Br^2 \cdot y_1}}$
hu	0,894	m	Calado sobre el nivel del lecho del río aguas abajo del cuenco

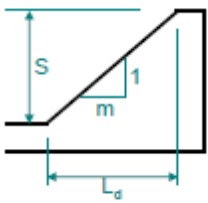
Análisis del resalto hidráulico			
Lr	6,75	Longitud del resalto hidráulico, $L_r = K \cdot (y_2 - y_1)$; $4,5 < K < 5,5$	
s	1,16	Profundidad del cuenco, $S = \sigma \cdot y_2 - h_u$; $1,1 < \sigma < 1,25$	
Ld	1,16	Longitud del diente que forma el cuenco disipador	

Tabla 29. Características del cuenco disipador de energía

B	Ancho del azud	4,50
I	Pendiente del río	0,083
n	Manning del río	0,07
Q	Caudal de diseño	0,40
W	Altura total del vertedero	1,00
yc	Calado crítico sobre el vertedero	0,91
hc	Calado critico más carga de velocidad	1,37
E	Energía en el río	3,52
Y1	Calado contraído	0,36
Y2	Calado conjugado	1,86
Lr	Longitud de zampeado	6,75
hu	Altura final del cuenco	1,16

4.12. Tubería de conducción:

Es el elemento encargado de conducir las aguas captadas hacia los tanques de reserva, cuenta con una longitud total de 14 km y con diámetros que varían con la topografía del sector, tiene como concepción transportar el caudal de diseño de manera sencilla y eficiente sin producir mayores pérdidas....., cumpliendo con requisitos básicos, a saber:

- Mantener el mínimo valor de pérdidas de energía (tanto por fricción como pérdidas locales por cambios de geometría) producidas por el paso del agua a través de la tubería.

- Deberá funcionar con una pendiente longitudinal mínima que asegure el paso de las aguas captadas.
- Mantener el trazado de la línea de conducción de manera que se produzca el mínimo cambio de dirección tanto horizontal como vertical
- La velocidad mínima admisible será adoptada de acuerdo a los materiales en suspensión, pero en ningún caso será menor de 0.6 m/s. La velocidad máxima aceptable será:

En tubos de concreto, cemento, asbesto..... 3 m/s

Acero 5 m/s

PVC..... 9 m/s

Según fabricantes con certificación INEN

- Para el cálculo de las tuberías que trabajen a presión se recomienda el uso de la fórmula de Hazen y Williams, con los siguientes coeficientes:

Fierro fundido.....100

Concreto.....110

Acero.....120

Asbesto-Cemento y Plásticos PVC.....140

Bajo estas condiciones se definió las siguientes características principales para la conducción del proyecto Calseg Puruhuay.

- La línea de conducción seguirá la línea piezometrica que corresponde al nivel normal de operación de la salida del tanque da carga, manteniendo una pendiente de 1%.
- La línea de conducción seguirá el curso topográfico de manera que se conduzca el cuerpo de agua al tanque de presión sin necesidad de realizar obras para superar accidentes topográficos. Y asegurar costos mínimos en la colocación de este elemento.

- La línea de conducción deberá tener una geometría cerrada misma que permita el paso del cuerpo de agua de la manera más eficaz posible. Además de mantener seguridad en la calidad del agua desde el tanque de carga hasta el tanque de presión.
- La línea de conducción deberá tener el mínimo número de accesorios para el cambio de sección y para la conexión entre los elementos que conducirán el agua.

A este particular descrito anteriormente, se debe sumar la importancia de describir los accesorios con los que contara las tuberías que trabajaran a presión en las doce comunidades del proyecto:

Válvulas de aire: Se instalaran válvulas extractoras de aire en cada uno de los puntos más altos que se encuentre en la línea de conducción y mientras la topografía no sea accidentada, se colocarán máximo cada 2.5 km.

Si hubiera peligro de colapso de la tubería a causa del material y de las condiciones de trabajo, es recomendable usar válvulas de doble acción (Admisión y Expulsión) y el dimensionamiento de las válvulas se establecerá en función del caudal y presión de la tubería.

Válvulas de Purga: Se colocarán válvulas de purga en los puntos bajos de la red principal, teniendo en consideración la modalidad de funcionamiento de la línea y la calidad del agua conducida, evitando la acumulación de sedimentos en las tuberías.

Válvulas de seccionamiento: La ubicación y cantidad de válvulas de seccionamiento en una red de distribución se determinan con la finalidad de poder aislar un tramo o parte de la red en caso de reparaciones o ampliaciones, manteniendo el servicio en el resto de esta. Mientras mayor sea el número de válvulas que se tengan en la red, menor será la parte sin servicio en caso de una reparación, pero más costoso el proyecto. Para el proyecto se debe proveer de válvulas de ingreso a la red en cada tipificación y en los puntos donde exista un ramal de derivación importante.

Válvula Reguladora de Caudal: Está diseñada para que el caudal que pasa por la válvula no supere al calibrado en el piloto independientemente de que varíe la presión y/o demanda del sistema. La válvula funciona comandada por un piloto de tres vías que mantiene constante el caudal prefijado independientemente de que varíe la presión y/o demanda del sistema.

Si el caudal excede el prefijado en el piloto el incremento de la presión diferencial en el orificio calibrado induce la acción del piloto sobre la válvula estrangulando el paso del agua y por tanto disminuyendo el caudal hasta el punto determinado.

Cámara de válvulas: Todas las válvulas deberán contar con cámara de válvulas para fines de protección, operación y mantenimiento. Las dimensiones de la cámara deberán permitir la operación de herramientas y otros dispositivos alojados dentro de la misma.

Cámara distribuidora de caudales: La función de una caja divisora de flujo por gravedad, es dividir el flujo en dos o más partes, destinados a diferentes usos o reservorios de almacenamiento.

La caja divisora de flujo podrá emplearse en los siguientes casos:

- Cuando el proyecto considere más de un reservorio de almacenamiento, ya sea por grandes distancias, por diferencias de nivel o diferentes comunidades.
- Cuando existan diferentes usos del agua (consumo humano, riego, pecuaria).

Las ventajas de la caja divisora de flujo son: uso racional y equitativo del agua, disminución de costos de aducción y menor número de cámaras rompe-presión (cuando éstas son requeridas).

Tanques rompe presiones: Tiene como objetivo disminuir la presión estática a la que están sometidas las tuberías.

En la instalación de una cámara rompe-presión debe preverse de un flotador o regulador de nivel de aguas para el cierre automático una vez que se encuentre llena la cámara y para periodos de ausencia de flujo.

Obras de arte: Son obras que permiten cruzar ríos, quebradas o depresiones apreciables. También se diseñarán anclajes de seguridad y soportes para las tuberías en los siguientes casos:

- En tuberías expuestas a la intemperie que requieran estar apoyadas en soportes o adosadas a formaciones naturales de roca.
- En los cambios de dirección tanto horizontales como verticales de tramos enterrados o expuestos, siempre que el cálculo estructural lo justifique.
- En tuberías colocadas en pendientes mayores a 60 grados respecto a la horizontal.

Los anclajes más comunes son para curvas horizontales y verticales, tees y terminaciones de tubería.

Referencia: Ing. Guillermo Burbano, Criterios Básicos para el diseño de sistemas de agua potable y alcantarillado. PUCE – Ecuador. ; Comisión Nacional del Agua, Redes de distribución – Manual de diseño de agua potable, alcantarillado y saneamiento. México

En definitiva, la conducción deberá ser de PVC, la tubería funcionara bajo la premisa de tubería llena, el cuerpo de agua cubrirá la totalidad de la sección transversal de la tubería, garantizando el transporte del caudal de diseño. Para mantener un valor mínimo de pérdidas en el paso del caudal de diseño hacia el tanque de carga; seguirá la línea topográfica definida por la cota: 3775,00 msnm misma que será la cota del fondo donde se asentara la tubería de conducción además será de un espesor de 15 mm.

En resumen esta tubería tendrá una longitud de 14000 m, con una pendiente de 1% a lo largo de toda la conducción. Lo que nos determina las siguientes pérdidas:

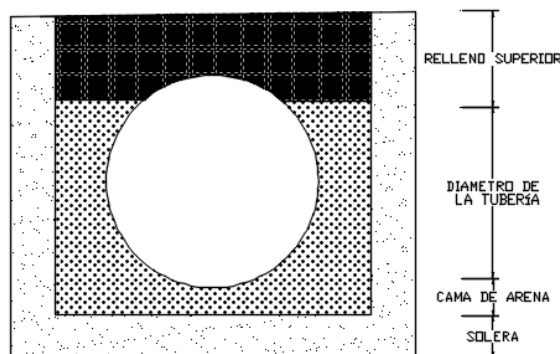


Figura 46. Esquema del corte típico para la tubería de conducción

4.13. Compuertas de control y limpieza

Las compuertas de control y limpieza son dimensionadas para permitir el paso del caudal de limpieza de cada una de las cámaras y del azud. Estas se rigen bajo las siguientes fórmulas de cálculo:

$$Q = Cd.a.B\sqrt{2gy_1}$$

Los vertederos de excesos tiene como función controlar el nivel de agua dentro de las estructuras de las obras hidráulicas, estas se delimitaran únicamente por su coordenada respectiva de la cresta de la misma, siendo los caudales de salida de menor importancia, pero se deberá realizar una comprobación sobre el funcionamiento de los mismos, estos vertederos se rigen a la siguiente ecuación:

$$Q = c * b * m * H^{3/2}$$

El funcionamiento de las compuertas se muestra en el siguiente análisis: se debe tener en cuenta que las compuertas para la obra de captación son de dos dimensiones características:

- 40x40 cm
- 20x20 cm

Curva de descarga para compuerta de 0,40x0, 40 m

Tabla 30 Datos de descarga en la compuerta

y1	Q
0.20	0.19
0.30	0.24
0.40	0.27
0.50	0.31
1.00	0.43
1.50	0.53
1.70	0.56
2.00	0.61

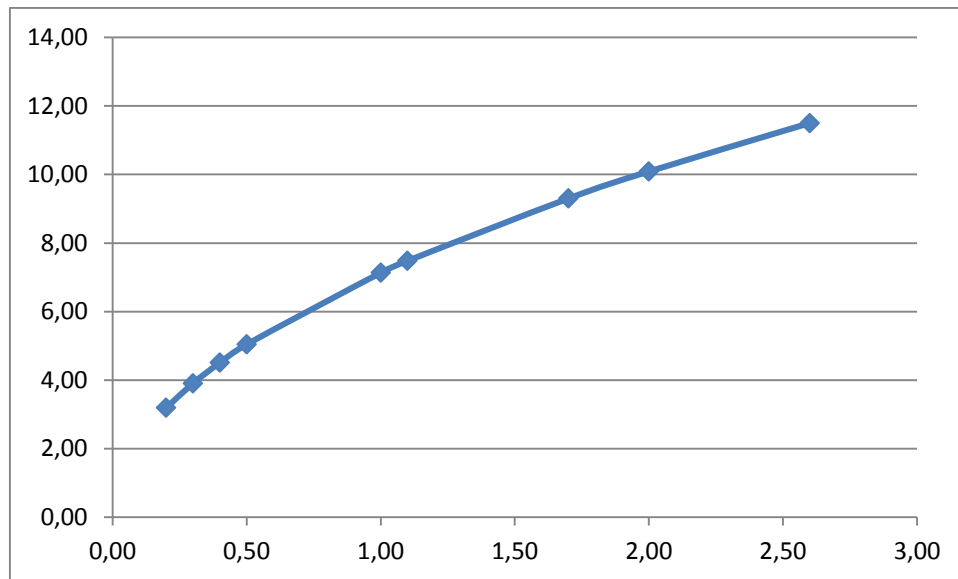


Figura 47. Curva de descarga para la compuerta de 0,20x0, 20 m

Curva de descarga para compuerta de 0,20x0, 20 m

Tabla 31. Descarga para limpieza del tanque de carga

y1	Q
0.20	0.05
0.30	0.06
0.40	0.07
0.50	0.08
1.00	0.11
1.50	0.13
1.70	0.14
2.00	0.15

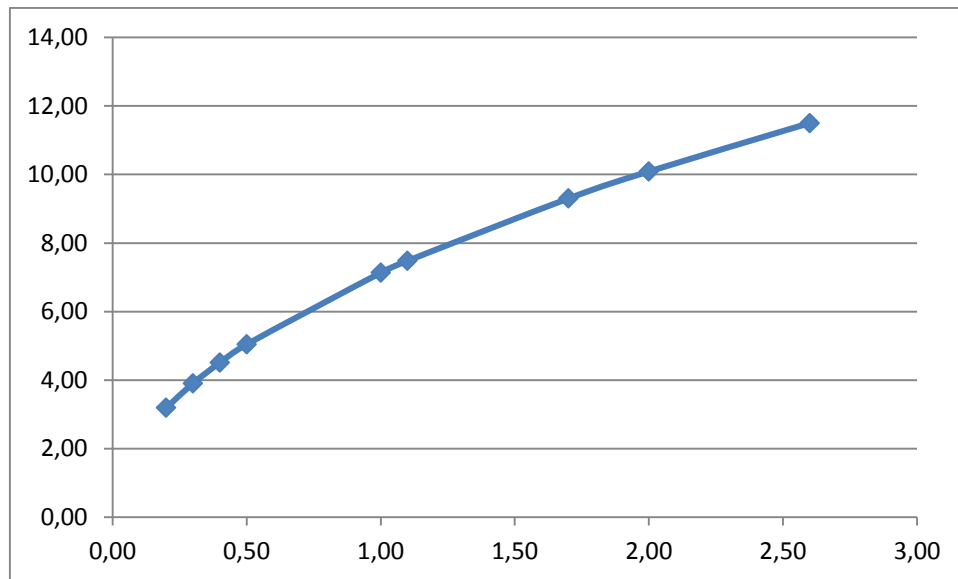


Figura 48. Curva de descarga para la compuerta de 0, 20 x 0, 20 m

4.14. Enrocado:

En la sección de entrega, aguas abajo del zampeado, se dispone la colocación del enrocado de protección al cauce del río, con un diámetro de 35 mm de las rocas, con las siguientes dimensiones: altura de 1.50 m, ancho de 4,50 m, y una longitud de 2,0 m, así se protegerá el cauce natural del efecto erosivo de la corriente, garantizando así la estabilidad de la captación. En el grafico se muestra un esquema del enrocado.

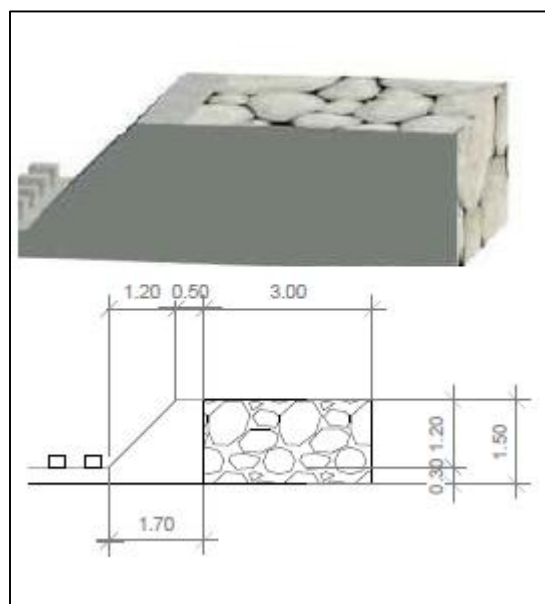


Figura 49. Esquema de enrocado

Comprenden los canales por donde se dirigen las aguas del río Zanampala después de pasar por pasar por el tanque de carga y cumplir con el caudal de diseño.

A diagram showing a cross-section of a multi-layered system. The central layer is white. Above it are several layers: a thin light blue layer, a thicker light green layer, and a top layer with diagonal hatching. Below the white layer are similar layers: a thin light blue layer, a thicker light green layer, and a bottom layer with a stippled pattern. A red arrow points from the text $i = 0.5\%$ to the interface between the white layer and the layer immediately below it.

4.15. Tanques o lagunas de reserva

Para el Sector Calseg Puruhuay se ha considerado un caudal requerido de 0,40 m³/s para el regadío de sus cultivos que abastece a un área aproximada de 630 ha, en verano el caudal considerado no es constante, siendo esta una causa para la construcción de reservorios que permitan la distribución constante de agua para cada usuario.



Figura 51. Impermeabilización de un reservorio con geomembrana.

DIMENSIONES FINALES DE LAS OBRAS

Una vez realizado el análisis de cada elemento y el funcionamiento de las obras en cada una de sus funciones se determinó el siguiente cuadro de resultados:

Tabla 32. Resumen general de dimensiones para los elementos hidráulicos del proyecto

Obra de Toma		Unidad
Rejilla de fondo		
Largo	1,25	m
Ancho	0,75	m
Espesor del perfil	5,00	mm
Espaciamiento de las barras	0,05	m
Desripiador		
Largo	2,50	m
Ancho	1,00	m
Profundidad	1,50	m
Pendiente	7,00	%
Canal de Umbral		
Largo	2,00	m
Profundidad	0,80	m
Ancho	0,80	m
Calado normal de operación	0,55	m
Tanque de sumergencia		
Largo	4,00	m

Profundidad	3,00	m
Ancho	4,00	m
Calado normal de operación	3,00	m
Compuerta de limpieza 1		
Largo	0,20	m
Ancho	0,20	m
Compuerta de limpieza 2		
Largo	0,40	m
Ancho	0,40	m
Azud de derivación		
Altura de la cresta	1,00	m
Longitud del perfil Creager	3,00	m
Ancho del azud	4,50	m
Cuenca disipador		
Longitud del resalto hidráulico	6,75	m
Ancho	4,50	m
Calado contraído Y1	0,36	m
Calado conjugado Y2	1,86	
Enrocado de salida		
Longitud	3,00	m
Ancho de enrocado	4,50	m
Altura	1,50	m

CAPITULO 5

IDENTIFICACIÓN Y DEFINICIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES

5.1. Introducción

Este capítulo muestra un análisis de los impactos ambientales potenciales que podrían generarse con el desarrollo de las actividades en la fases de construcción, operación-mantenimiento y abandono del Proyecto Calseg Puruhuay, tales impactos si no se aplican las medidas de prevención, mitigación, compensación y control pueden ocasionar alteración a los componentes ambientales determinados en la línea base del presente documento.

La Evaluación de Impactos Ambientales incluye la identificación, predicción e interpretación de los impactos que un proyecto o actividad genera durante su ejecución. La metodología utilizada para la evaluación de impactos determina las condiciones ambientales en base al estado en las que se encuentra el ambiente al momento de la ejecución del proyecto.

La Identificación y Evaluación de Impactos es esencial para la reevaluación del proyecto, pues sólo a través de una correcta y detallada evaluación se puede identificar los efectos significativos sobre los componentes ambientales, permitiendo, a la vez, especificar acciones concretas para minimizarlos, prevenirlos o compensarlos, mediante un Plan de Manejo Ambiental y concreto que sirva para actuar de manera eficaz y oportuna sobre la protección del ambiente circundante en el área de influencia identificada por cada facilidad.

Para la caracterización de los impactos se presenta una matriz de interrelación aspecto ambiental - acción, en la cual se establecen los componentes o aspectos ambientales a considerarse y por otra parte las actividades del proyecto propuesto durante las fases del proyecto.

5.2. Objetivos

La presente identificación y evaluación de impactos ambientales tiene los siguientes objetivos:

- Identificar los impactos ambientales que pudieran generarse en las fases de construcción, operación-mantenimiento y cierre o abandono del sistema de riego.
- Realizar la identificación y evaluación de los impactos ambientales que podrían generarse con el desarrollo de ciertas actividades propuestas dentro del proyecto.
- Establecer la magnitud y relevancia de los impactos ambientales en las distintas fases del proyecto.
- Determinar las medidas adecuadas de manejo para los impactos ambientales determinado en el análisis del presente estudio.

5.3. Metodología para la identificación y evaluación de impactos ambientales

Para realizar la identificación y evaluación de los impactos ambientales resultantes del desarrollo de actividades dentro de las diferentes fases del Proyecto Calseg Puruhuay es necesario aplicar la metodología idónea para éste tipo de proyectos, que abarque con todos los aspectos fundamentales y propicie una acertada identificación de los impactos para su posterior evaluación.

Se ha elaborado una matriz de doble entrada o matriz de Leopold modificada, en la cual se relaciona a las actividades a desarrollarse dentro del proyecto con los componentes definidos en factores ambientales. En el eje de las abscisas constan las actividades a llevarse a cabo en el proyecto y en el eje de las ordenadas constan los componentes ambientales. La matriz de doble entrada o matriz de Leopold posee un criterio de calificación para las acciones a las que será sometido cada uno de los factores ambientales tomados en cuenta en el presente estudio, de acuerdo a ésta calificación, se determinan los impactos que se generarán en las diferentes fases del proyecto.

Una vez identificada la interacción entre los medios ambientales y las actividades del proyecto, es indispensable presentar la evaluación de los impactos. Esta escala toma en cuenta valores numéricos relativos a los distintos criterios de valoración: carácter genérico

del impacto, intensidad, extensión, sinergia, acumulación, persistencia, tipo de acción, reversibilidad, posibilidad de mitigación, probabilidad de ocurrencia (riesgo).

La escala de la calificación se presenta en el siguiente cuadro:

Tabla 33. Criterios de Calificación de Impactos Ambientales

CRITERIO DE CALIFICACIÓN	DEFINICIÓN	VALOR
Carácter genérico del impacto	Indica el detrimento o mejora sobre las condiciones actuales de calidad de los componentes ambientales pudiendo ser: Beneficioso o Adverso	Beneficioso (+)
		Adverso (-)
Intensidad del impacto (I)	Expresa el grado de destrucción del impacto y se ha califica como: Alta (destrucción significativa), Media (destrucción aceptable, es decir, el ecosistema podrá revertir los efectos por medios naturales) y Bajo (destrucción no significativa).	Baja (1)
		Media (2)
		Alta (4)
Extensión (Ex)	Corresponde a las características espaciales del impacto, para lo que se especifica si recae en el área definida como Puntual, Local o Extensiva.	Puntual (1)
		Local (2)
		Extensivo (4)
Sinergia (S)	Acción conjunta de dos o más efectos simples, multiplicando las consecuencias del impacto analizado al generar efectos sucesivos, puede ser Sinérgico o No Sinérgico.	Sinérgico (4)
		No sinérgico (1)
Acumulación (A)	Incremento progresivo del impacto con el tiempo, puede ser Acumulativo o caso contrario No acumulativo.	Acumulativo (4)
		No acumulativo(1)
Persistencia (P)	Se refiere a la forma de presentarse el impacto en el tiempo si el impacto se presenta en forma intermitente es Temporal. Si aparece en forma continuada o bien es intermitente pero sin final, se considera Permanente.	Temporal (1)
		Permanente (3)
Tipo de acción (TA)	Evalúa la naturaleza del efecto con respecto al grado de afectación del componente; se califica como Directa, cuando la acción tiene repercusión inmediata sobre uno o más componentes, o Indirecta, cuando el impacto sea producto de interdependencias entre las acciones sobre el ambiente natural o social.	Directo (4)
		Indirecto (1)
Reversibilidad (Re)	Expresa la característica de recuperación natural del impacto según la capacidad de resiliencia del ecosistema que se ve afectado, pudiendo ser Reversible, Poco reversible si requiere la intervención antrópica para revertir los efectos sobre el medio natural ó, si los procesos naturales son incapaces de recuperarse naturalmente se dice que son Irreversibles.	Reversible (1)
		Poco reversible (2)
		Irreversible (4)
Posibilidad de mitigación (PM)	Indica la posibilidad de poner en práctica medidas correctoras. El impacto se considera recuperable y se identifica con Sí cuando se pueden realizar prácticas o medidas correctivas que aminoren o anulen el efecto negativo. El impacto es irrecuperable y se identifica con No cuando no son posibles las medidas correctivas.	Sí (1)
		No (2)
Probabilidad de ocurrencia (PO)	Expresa el riesgo de aparición del efecto, sobre todo para aquellas circunstancias no periódicas; se califica como: Baja, Media, Alta.	Alta (4)
		Media (2)
		Baja (1)

Fuente: PROCAPCON Cía. Ltda, 2015.

5.3.1. Definiciones de los medios ambientales impactados

5.3.1.1. Medio Físico

Hidrología

- **Calidad de agua superficial:** Se refiere a la alteración de las características físicas, químicas y bacteriológicas que se puede producir por varias acciones del proyecto sobre el agua de los cuerpos hídricos detectados en el área de influencia del proyecto.
- **Calidad de agua subterránea:** Se refiere a la modificación de las características físicas, químicas y bacteriológicas del agua subterránea producida por la lixiviación de sustancias contaminantes tales como hidrocarburos, productos químicos, etc.
- **Caudal:** Se refiere a los cambios que puedan ocurrir en el caudal de los ríos, riachuelos y pantanos de la zona ya sea por la obstrucción del flujo, reducción por su uso o cambios en la geomorfología del cauce.

Visual

- **Paisaje:** Es el componente estético y visual del área donde se implementará el proyecto.

Suelos

- **Erosión:** Es proceso de separación y remoción de partículas a causa del arrastre e impacto del agua y del viento. Este proceso ocurrirá cuando se desarrollen las actividades de desbroce y exista exposición de los suelos a agentes externos.
- **Calidad del suelo:** Se refiere a la alteración química de los suelos debido a la contaminación por derramamientos de productos tóxicos, del escurrimiento superficial y los procesos de lixiviación que se generan durante el proceso de descomposición de los materiales biodegradables.

Aire

- **Ruido:** Se refiere a las variaciones de los niveles de presión sonora procedente de las actividades de construcción, operación de maquinaria pesada, etc.
- **Calidad del Aire:** Se define como la variación de las características del aire en cuanto a la cantidad y tipo de material particulado, humos, vapores y gases generados durante el movimiento de tierras, excavaciones, etc.

5.3.1.2. Medio Biótico

- Flora
 - **Alteración de la Cobertura Vegetal:** Se refiere a la pérdida parcial o total de la cobertura vegetal.
 - **Pérdida del hábitat:** Se refiere a la destrucción del entorno donde se desarrollan normalmente las especies de flora.
- Fauna
 - Avifauna
 - Mastofauna
 - Herpetofauna
 - Ictiofauna
 - Macrobentos
- **Alteración del Hábitat:** Se refiere a la modificación o interferencia de los sitios donde viven y tienen sus nichos ecológicos las especies animales propias del área de influencia del proyecto.
 - **Desplazamiento de Especies:** Indica la migración de las especies animales hacia otros lugares debido a la desaparición o deterioro de su hábitat causado por el ruido de las actividades de construcción en las áreas de influencia, es probablemente, después de la remoción de la vegetación, la causa principal de este desplazamiento.

- **Pérdida de individuos:** Indica la desaparición de individuos o disminución de la densidad poblacional de las distintas especies por efecto de las actividades del proyecto.

5.3.1.3. *Medio Antrópico*

- **Uso de los recursos Suelo y Agua:** Se refiere a la modificación o interferencia con los usos por parte de los pobladores locales de los recursos suelo y agua a causa de las operaciones previstas.
- **Empleo:** Generación de nuevas alternativas de empleo para los habitantes del área.
- **Salud:** Se refiere a las alteraciones o molestias generadas por la ocurrencia del proyecto en el sitio sobre la salud de los pobladores locales.
- **Participación y Clima Social:** Se refiere a las expectativas de los habitantes y la interacción de los pobladores del área de influencia directa con la empresa operadora a causa de varias actividades o impactos ocasionados por el proyecto.
- **Actividades Productivas:** Se refiere a la tenencia y uso de la tierra, la producción, las diferentes unidades productivas, las relaciones con el mercado, etc. que mantienen los pobladores del área involucrada.
- **Componente Arqueológico:** Corresponde a los hallazgos arqueológicos que puedan ocurrir durante la ejecución del proyecto.

5.3.2. **Cálculos efectuados**

El valor de la magnitud se obtuvo a partir de la siguiente fórmula:

$$\text{Magnitud} = \pm(3*I + 2*Ex + S + Ac + P + TA + Rv + PM + PO)$$

La magnitud de los impactos se expresa en la Matriz de Evaluación de Impactos Ambientales. Al final de estas matrices se encuentra la sumatoria total de la magnitud de los impactos tanto para los positivos como para los negativos. Dicha sumatoria fue ejecutada teniendo en consideración los impactos para cada componente ambiental impactado y los causados por cada actividad del proyecto.

A partir de la sumatoria de los impactos positivos y negativos se obtuvieron valores promedio de magnitud.

5.3.3. Jerarquización de Impactos

Se entiende por jerarquización al Dictamen Ambiental que es el resultado final de la calificación y valoración de impactos sobre los distintos componentes. De acuerdo a los valores de magnitud se los ha clasificado así:

Tabla 34. Jerarquización de Impactos

JERARQUIZACIÓN DE IMPACTOS	
No significativo	Son aquellos en los que una vez cesada la acción o acciones impactantes, él o los componentes afectados se recuperan sin la aplicación de medidas correctoras o con medidas mitigantes poco intensivos. En esta categoría se ubican los impactos poco significativos y mitigables. Se refiere a los valores de evaluación menor o iguales a 14 .
Moderado	Son los que una vez cesada la acción o acciones impactantes, él o los componentes afectados para su recuperación requieren de un período de tiempo mediano, así como la adecuación de medidas correctoras o mitigantes medianamente intensivas. Se refiere a los valores de evaluación entre 15 a 28 .
Severo	Son aquellos que una vez cesada la acción o acciones impactantes, él o los componentes afectados para su recuperación requieren de un período de tiempo largo, así como la adecuación de medidas correctoras o mitigantes muy intensivas. Se refiere a los valores de evaluación entre 29 a 38 .
Críticos	Son los que una vez cesada la acción o acciones impactantes, él o los componentes afectados han perdido la calidad de sus condiciones iniciales, las mismas que continúan deteriorándose, sin que exista una posibilidad cierta de recuperación incluso con la adecuación de medidas correctoras o mitigantes muy intensivas. Se refiere a los valores de evaluación iguales o mayores a 39 .

Fuente: PROCAPCON Cía. Ltda, 2015.

5.4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.4.1. Interacciones por medio ambiental

Tabla 35. Número de impactos positivos por medio ambiental

<i>IMPACTOS POSITIVOS</i>	<i>MEDIO FÍSICO</i>	<i>MEDIO BIÓTICO</i>	<i>MEDIO ANTRÓPICO</i>
<i>31</i>	<i>4</i>	<i>8</i>	<i>19</i>
<i>Porcentaje</i>	13%	26%	61%

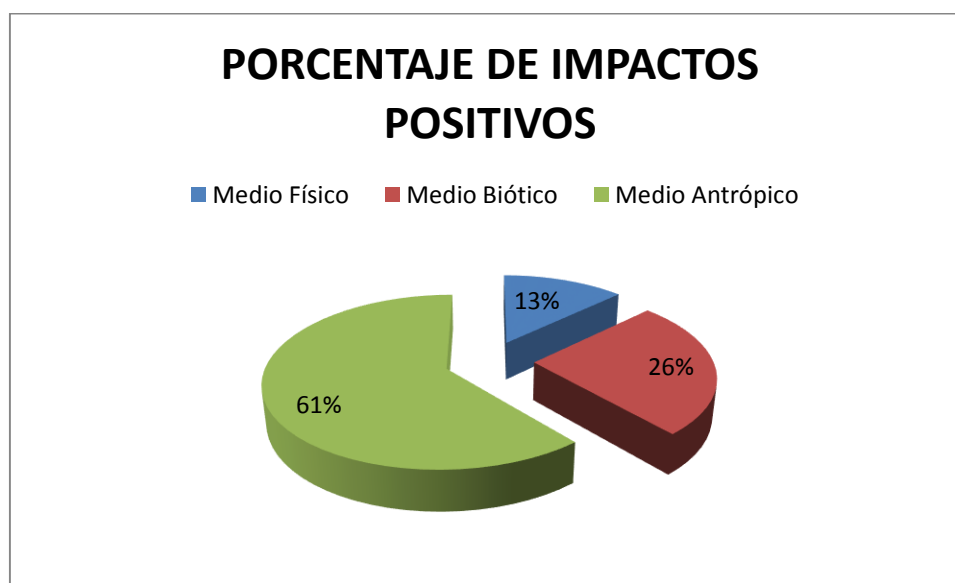


Figura 52. Porcentaje de impactos negativos por medio ambiental

5.4.2. Interacciones por factor elemento ambiental

En el siguiente cuadro se detallan las interacciones establecida por cada factor ambiental:

Tabla 36. Interacciones por recurso ambiental

MEDIO AMBIENTAL	FACTOR AMBIENTAL	ELEMENTO AMBIENTAL	Nº DE INTERACCIONES
FISICO	Hidrología	Calidad de Agua Superficial	6
		Caudal	1
	Visual	Paisaje	8
	Suelo	Erosión	4
		Calidad del Suelo	7
	Aire	Ruido	7
		Calidad del Aire	8
TOTAL			41

Tabla 37. Interacciones por factor ambiental

MEDIO AMBIENTAL	FACTOR AMBIENTAL		ELEMENTO AMBIENTAL	Nº DE INTERACCIONES
BIÓTICO	Flora		Alteración de la cobertura vegetal	5
			Pérdida del hábitat	3
	Fauna	Avifauna	Alteración del hábitat	3
			Desplazamiento de especies	10
		Mastofauna	Alteración del hábitat	4
			Desplazamiento de especies	10
		Herpetofauna	Alteración del hábitat	5
			Pérdida de individuos	5
			Desplazamiento de especies	11
		Entomofauna	Alteración del hábitat	4
			Pérdida de individuos	4
			Desplazamiento de especies	10
		Ictiofauna y macrobentos	Alteración del hábitat	3
			Pérdida individuos	3
TOTAL				80

Tabla 38. Interacciones por recurso ambiental

MEDIO AMBIENTAL	FACTOR AMBIENTAL	Nº DE INTERACCIONES
ANTRÓPICO	<i>Uso suelo</i>	7
	<i>Uso agua</i>	3
	<i>Empleo</i>	10
	<i>Salud</i>	10
	<i>Participación Social / Clima Social</i>	8
	<i>Actividades Productivas</i>	4
	<i>Arqueología</i>	3
TOTAL		45

5.4.3. Impactos negativos por medio ambiental

El número de impactos negativos por medio ambiental y el porcentaje se muestra a continuación:

Tabla 39. Número de impactos negativos por medio ambiental

<i>IMPACTOS NEGATIVOS</i>	<i>MEDIO FÍSICO</i>	<i>MEDIO BIÓTICO</i>	<i>MEDIO ANTRÒPICO</i>
219	37	73	26
Porcentaje	27%	54%	19%

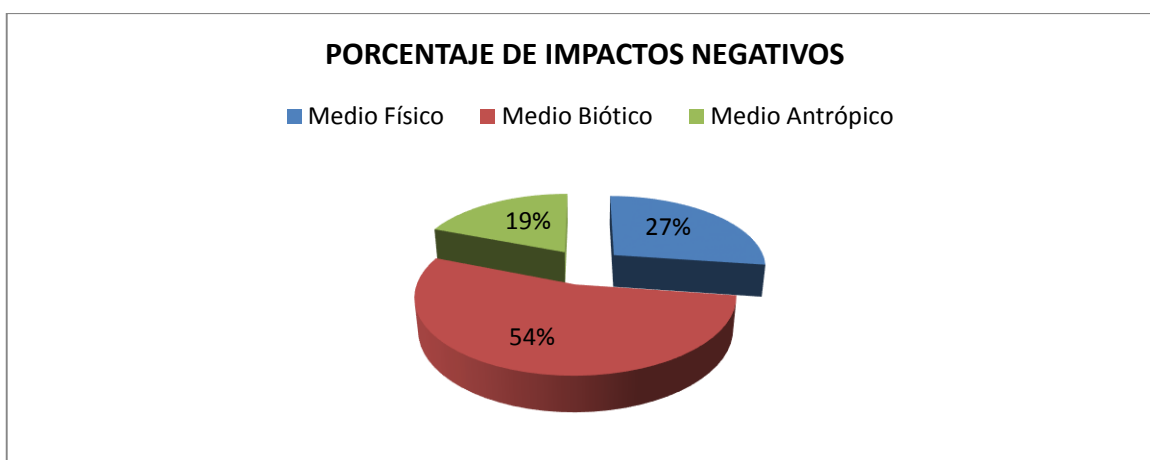


Figura 53. Porcentaje de impactos negativos por medio ambiental

El número de impactos positivos por medio ambiental y el porcentaje se muestra a continuación:

5.4.4. Jerarquización de impactos positivos y negativos

La jerarquización de impactos tanto positivos como negativos se presenta a continuación:

Tabla 40. Jerarquización de impactos por medio ambiental

<i>JERARQUIZACIÓN DE IMPACTOS</i>	<i>MEDIO FÍSICO</i>	<i>MEDIO BIÓTICO</i>	<i>MEDIO ANTRÒPICO</i>
No significativos	0	0	1
Moderados	41	81	45
Severos	0	0	0
Críticos	0	0	0
TOTAL	78	118	61

5.4.5. Interacciones de la matriz causa-efecto por medio ambiental

Las interacciones de la matriz causa-efecto por medio ambiental se muestran a continuación:

Tabla 41. Actividades e impactos ambientales

FASES	ACTIVIDADES	IMPACTOS NEGATIVOS	IMPACTOS POSITIVOS
FASE DE CONSTRUCCIÓN	Movilización de personal, maquinaria, equipos y materiales de construcción	7	2
	Desbroce, despeje, movimiento de tierras y preparación de frentes de trabajo	22	2
	Construcción y adecuación de vías de acceso al proyecto	20	2
	Construcción de obras civiles, de captación	24	2
	Captación del caudal	12	2
	Montaje de tubería de conducción	9	2
FASE DE OPERACIÓN	Movilización de personal	8	2
	Operación y mantenimiento de obras civiles, de tuberías de presión, de captación	19	2
FASE DE ABANDONO	Derrocamiento de infraestructura	13	1
	Generación de escombros	12	0
	Rehabilitación de áreas afectadas	2	14
TOTAL:		148	31

5.4.6. Análisis de impactos

Según la evaluación de impactos hasta el momento se determina lo siguiente:

En conclusión, la implantación del Proyecto Calseg Puruhuay en todas sus fases (construcción, operación y abandono) ocasionará un número reducido tanto de impactos no significativos (25) como un número significativo de impactos moderados (232), esto significa que la mayoría de impactos causados serán moderados y no se causarán impactos severos ni críticos.

De acuerdo a los resultados obtenidos se concluye que la implementación del Proyecto Calseg Puruhuay no representa una amenaza significativa al medio ambiente; más bien es un proyecto de mucha factibilidad ya que mejorará las condiciones de movilidad y de calidad de vida de los habitantes.

- **Impactos Negativos**

Los principales impactos ambientales tipo moderado que han sido identificados se presentan en la etapa de construcción y se enmarcan dentro de situaciones como la alteración a la calidad del agua, calidad del aire, calidad de suelo, alteración del hábitat, pérdida de individuos, desplazamiento de especies de los grupos faunísticos (avifauna, mastofauna, entomofauna, herpetofauna, ictiofauna y macrobentos), para lo cual en el PMA dentro de sus planes y programas se incluirán las medidas necesarias para mitigar éstos impactos.

- **Impactos Positivos**

A través de las actividades desarrolladas por el Proyecto Calseg Puruhuay, mejorará la calidad de vida de la población, al ser un proyecto de un sistema de agua para riego de origen renovable no causará afectación a los componentes ambientales del área de influencia del proyecto.

Es importante destacar los impactos ambientales positivos generados principalmente en cuanto al tratamiento del agua del río Zanampala, que se utilizará para dotar de agua a doce comunidades del sector y otros factores como la generación de empleo tanto temporal (en la construcción), como permanente (en el proceso de operación y mantenimiento), además de la demanda de servicios, dinamizando la economía del sector.

- **Impactos por fase**

Fase de construcción

Durante esta fase se prevé existirán afectaciones a los diferentes medios ambientales tales como físico, biótico y antrópico.

La movilización de personal, maquinaria, equipos y materiales de construcción causaran impactos especialmente en el medio físico. Se prevé alteración a la calidad del aire por la generación de polvo, gases emitidos por los vehículos empleados para la movilización de materiales y personal, considerables niveles de presión sonora, que provocarán deterioro en la salud de los trabajadores y molestias en los pobladores del área. En el medio biótico el paso del personal y maquinaria pesada provocará el desplazamiento de especies faunísticas. Se prevén impactos de carácter positivo como generación de empleo y participación social.

Las actividades de desbroce y limpieza del área en donde se implantarán las obras de captación, provocarían la remoción de vegetación existente, esta acción causaría una alteración en la estructura y fisonomía de la capa vegetal, que por ende originaría el surgimiento de procesos erosivos y deslizamientos a causa de las precipitaciones fluviales. Esta afectación es de carácter negativo, de intensidad moderado, de extensión puntual, de acción directa y reversible a corto plazo.

El movimiento de tierras podría provocar erosión y alteraciones en las características físicas de los cursos de agua que se encuentran cercanos al área de influencia del proyecto. Esta alteración puede ser de carácter negativo, de intensidad baja, de extensión puntual, de persistencia temporal, de acción directa y reversible a corto plazo.

El ruido generado por el movimiento de tierras y movilización de maquinaria pesada, construcción de obras, durante esta fase también podría tener repercusión en lo que respecta al desplazamiento de especies sobretodo avifauna. La calidad del suelo podría verse afectada en lo que respecta a la pérdida de sus características morfológicas debido a la remoción de la capa superficial del suelo y su compactación. Dicha afectación sería de un carácter negativo, de intensidad moderada, de acción directa y reversible a mediano plazo.

La construcción de las obras requeridas para el funcionamiento del sistema de riego, tales como; construcción y adecuación de vías de acceso, obras civiles, de captación y tubería de

conducción causan impactos a la calidad de agua superficial, debido a que parte del material utilizado en la construcción podría obstruir los cursos de agua. El paisaje habitual se verá alterado por la construcción de las obras, incorporándose nuevos elementos al mismo.

La calidad de suelo podría sufrir alteración debido a la preparación y nivelación del terreno para la construcción de las obras, existirá un incremento en los niveles de ruido y generación de material particulado producto de las actividades de construcción, estos impactos serán de carácter negativo, de intensidad moderada, de extensión puntual, de tipo de acción directa y reversibles a corto plazo.

La captación del caudal requerido para dotar de agua de riego a las comunidades provocará impactos negativos en cuanto a la calidad del agua, debido a que la construcción de las obras de toma, podrían provocar el arrastre de sedimentos en el agua, obstrucción de los cursos de agua, reducción del caudal, cambiando de esta manera las características físicas del cuerpo de agua, esta afectación podría ser de carácter negativo, de intensidad moderada en cuanto a captación de caudal, alta en cuanto a reducción del caudal, de extensión puntual, de acción directa sobre el recurso y reversible a mediano plazo.

Los desechos generados en esta etapa se prevé causarán afectación a la calidad de agua y suelo si no se siguen las recomendaciones sobre clasificación, recolección y disposición final de los mismos, en el caso de los desechos de origen doméstico podrían atraer a la fauna, en especial a la entomofauna (insectos), si estos desechos no son almacenados de manera adecuada. Esta afectación podría ser de carácter negativo, de intensidad baja, de extensión puntual, de acción directa y reversible a corto plazo.

Se requerirá de mano de obra local no calificada para la etapa de construcción, lo que se constituirá en un impacto de carácter positivo, temporal, de acción directa, que beneficiara a la población del área de influencia tanto directa como indirecta del proyecto.

Fase de operación y mantenimiento

La movilización vehicular interna y externa para la etapa operativa del sistema de riego podría provocar generación de polvo y ruido, la calidad del aire se verá afectada por el incremento de gases de combustión emitidos por vehículos que serán utilizados para el transporte del personal, estos impactos serán de carácter negativo, de intensidad moderada, de extensión puntual, de acción directa y reversible a corto plazo.

La operación y mantenimiento de las obras civiles, obras de conducción y de captación, podrían causar alteración a la calidad del agua, en caso de que los desechos líquidos resultantes del mantenimiento de las obras se dispongan de manera inadecuada en los cursos de agua del área de influencia del proyecto, esta afectación será de carácter negativo, de intensidad moderada, de extensión puntual, de acción directa y reversible a corto plazo.

La calidad de suelo podría resultar con un grado de afectación si los desechos líquidos y sólidos se disponen directamente sobre el mismo, este impacto será de carácter negativo, de intensidad moderada, de extensión puntual, de acción directa y reversible a mediano plazo. Las actividades de operación y mantenimiento generaran niveles de ruido y generación de material particulado de manera esporádica, además provocaran el desplazamiento temporal y pérdida de individuos de las especies faunísticas. Los niveles de ruido serán percibidos por los operadores que manejarán los equipos, pudiendo ser mitigados cumpliendo con las medidas de seguridad que obligan a que los trabajadores a portar protectores auditivos.

Fase de abandono

El derrocamiento de infraestructura, desmontaje y retiro de equipos podrían generar cambios en la calidad del agua si los materiales producto de las actividades de abandono se disponen en los cursos de agua del área de influencia, esta afectación podría ser de carácter negativo, de intensidad moderada, de extensión puntual, de acción directa, reversible a mediano plazo. El ruido generado por estas actividades provocaría el desplazamiento de especies. Sin embargo, puesto a que en las etapas previas del proyecto la probabilidad de desplazamiento de especies ya fue contemplado, se discierne que la avifauna de la zona podría estar ya acostumbrada a este tipo de alteración. Este efecto fue considerado negativo, de baja intensidad, local, poco probable y reversible a corto plazo.

La salud y seguridad laboral se puede ver afectada en caso de que no se tomen las medidas de seguridad para evitar afectación a la integridad física de los trabajadores, esta afectación es de carácter negativo, de intensidad moderada, de extensión puntual, de acción directa y reversible si se aplican las medidas preventivas adecuadas.

La rehabilitación de áreas afectadas generará efectos positivos en el área de influencia del proyecto, debido a que mejorará el paisaje, calidad de suelo y hábitat de ciertas especies

tanto de flora como de fauna. Cabe señalar que las condiciones en las que se realiza el abandono no van a poder ser las mismas que aquellas existentes de manera previa a la intervención antrópica, se procurará rehabilitar las áreas afectadas a mejores condiciones de las que fueron encontradas, realizando la revegetación de las mismas con especies vegetales nativas e incentivando a través de la siembra de especies arbóreas y arbustivas el repoblamiento de la fauna del sector.

5.4.7. Matriz de Identificación de impactos

		MEDIO FÍSICO								MEDIO BIÓTICO												MEDIO ANTRÓPICO							
		HIDROLOGÍA		VISUAL	SUELOS		AIRE		FLORA		FAUNA																		
											AVIFAUNA		MASTOFAUNA		HERPETOFAUNA			ENTOMOFAUNA			ICTIOFAUNA MACROBENTOS								
FASES	ACTIVIDADES	Calidad de Agua Superficial	Caudal	Paisaje	Erosión	Calidad del Suelo	Ruido	Calidad del Aire	Alteración dura vegetal	Pérdida del hábitat	Alteración del hábitat	Desplazamiento de especies	Alteración del hábitat	Desplazamiento de especies	Alteración del hábitat	Pérdida de individuos	Desplazamiento de especies	Alteración del hábitat	Pérdida de individuos	Desplazamiento de especies	Alteración del hábitat	Pérdida de individuos	Uso de Suelo	Uso del recurso agua	Empleo	Salud y Seguridad laboral	Participación Social /Clima Social	Actividades Productivas	Componente Arqueológico
FASE DE CONSTRUCCIÓN	Movilización de personal, maquinaria, equipos y materiales de construcción			X			X	X				X		X			X			X					X		X		
	Desbroce, despeje, movimiento de tierras y preparación de frentes de trabajo	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			X		X	X	X	X	X
	Construcción y adecuación de vías de acceso al proyecto			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			X		X	X	X		X
	Construcción de obras civiles, de captación	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X
	Captación del caudal	X	X												X	X	X				X	X		X	X	X	X		
	Montaje de tubería de conducción			X									X		X			X			X			X		X	X	X	
FASE DE OPERACIÓN	Movilización de personal						X	X				X		X			X			X					X	X	X		
	Operación y mantenimiento de obras civiles, de tuberías de presión, de captación	X				X	X		X			X		X			X			X	X	X	X	X	X	X	X	X	
FASE DE ABANDONO	Derrocamiento de infraestructura	X		X		X	X	X				X		X		X	X		X	X					X	X			
	Generacion de escombros	X		X		X		X				X		X			X			X			X			X		X	
	Rehabilitación de áreas afectadas			X	X	X		X	X			X	X	X	X		X	X		X			X		X	X		X	
TOTAL DE INTERACCIONES= 166																													

5.4.8. Matriz de evaluación de impactos

		MEDIO FÍSICO						
		HIDROLOGÍA		VISUAL	SUELOS		AIRE	
FASES	ACTIVIDADES	Calidad de Agua Superficial	Caudal	Paisaje	Erosión	Calidad del Suelo	Ruido	Calidad del Aire
FASE DE CONSTRUCCIÓN	Movilización de personal, maquinaria, equipos y materiales de construcción			(-)2,1,1,1,1,4,1,1,1			(-)2,1,1,1,1,1,1,1,1	(-)2,1,1,1,1,4,1,1,2
	Desbroce, despeje, movimiento de tierras y preparación de frentes de trabajo	(-)2,1,1,1,1,4,1,1,2		(-)2,1,1,1,1,4,2,1,4	(-)1,1,1,4,1,4,2,1,4	(-)2,1,1,4,1,4,2,1,4	(-)1,2,1,1,1,4,1,1,2	(-)1,1,1,1,1,4,1,1,4
	Construcción y adecuación de vías de acceso al proyecto			(-)2,1,4,1,3,4,2,1,1	(-)2,1,4,1,1,4,1,2	(-)2,1,1,1,1,4,1,1,2	(-)2,1,1,1,1,4,1,1,2	(-)2,1,1,1,1,4,1,1,2
	Construcción de obras civiles, de captación	(-)2,1,4,1,1,4,2,1,,2		(-)2,1,1,1,3,4,2,2,1	(-)2,1,1,1,1,4,1,1,2	(-)2,1,1,1,1,4,1,1,2	(-)1,1,1,1,1,4,1,1,2	(-)1,1,1,1,1,4,1,1,1
	Captación del caudal	(-)2,1,1,1,1,4,1,1,1	(-)4,1,,1,1,1,4,2,2,2					
	Montaje de tubería de conducción			(-)2,1,1,1,3,4,2,2,1				

FASE DE OPERACIÓN	Movilización de personal						(-)2,1,1,1,1,1,1,1	(-)2,1,1,1,1,4,1,1,1
	Operación y mantenimiento de obras civiles, de tuberías depresión, de captación	(-) 2,1,4,1,1,4,2,1,2				(-) 2,1,1,1,1,4,2,1,2	(-) 2,2,1,1,1,4,1,1,2	
FASE DE ABANDONO	Derrocamiento de infraestructura	(-)2,1,1,1,1,4,1,1,2		(-) 2,1,1,1,1,4,2,1,2		(-)2,1,1,1,1,4,2,1,2	(-)2,2,1,1,1,4,1,1,2	(-)2,1,1,1,1,4,1,1,2
	Generación de escombros	(-)2,1,1,1,1,4,2,1,2		(-) 2,1,1,1,1,4,1,1,2		(-)2,1,1,1,1,4,1,1,1		(-) 2,1,1,1,1,4,1,1,1
	Rehabilitación de áreas afectadas			(+) 2,1,1,1,1,4,1,1,2	(+) 2,1,1,1,1,4,1,1,2	(+) 2,1,1,1,1,4,1,1,2		(+) 2,1,1,1,1,4,1,1,2

MEDIO BIÓTICO													
FLORA		FAUNA											
		AVIFAUNA		MASTOFAUNA		HERPETOFAUNA			ENTOMOFAUNA			ICTIOFAUNA MACROBENTOS	
Alteración de la cobertura vegetal	Pérdida del hábitat	Alteración del hábitat	Desplazamiento de especies	Alteración del hábitat	Desplazamiento de especies	Alteración del hábitat	Pérdida de individuos	Desplazamiento de especies	Alteración del hábitat	Pérdida de individuos	Desplazamiento de especies	Alteración del hábitat	Pérdida individuos
			(-) 1,1,1,1,1,4,1,1,2		(-) 1,1,1,1,1,4,1,1,2			(-) 1,1,1,1,1,4,1,1,2			(-) 1,1,1,1,1,4,1,1,2		
(-)2,1,1,4,1,4,2,1,2	(-)2,1,1,4,1,4,2,1,4	(-)1,1,1,4,1,4,2,2,2	(-)2,1,1,,1,1,4,2,1,2	(-)2,1,1,4,1,4,2,2,2	(-)1,1,1,4,1,4,2,2,2	(-)1,1,1,4,1,4,2,2,2	(-)2,1,1,4,3,4,4,2,2	(-)2,1,1,,1,1,4,2,1,2	(-)1,1,1,4,1,4,2,2,2	(-)2,1,1,4,3,4,4,2,2	(-)2,1,1,4,1,4,2,2,2		
(-)2,1,1,1,1,4,2,1,1	(-)2,1,1,1,3,4,2,1,2	(-)1,1,1,1,4,2,2,2,2	(-)2,1,1,3,4,2,2,2	(-)1,1,1,1,4,2,2,2,2	(-)2,1,1,3,4,2,2,2	(-)1,1,1,1,4,2,1,1	(-)1,1,1,1,1,4,1,1,1	(-) 1,1,1,1,1,1,1,1,1,1	(-)1,1,1,1,4,2,1,1	(-)1,1,1,1,1,4,1,1,1	(-) 1,1,1,1,1,1,1,1,1,1		
(-)2,1,1,1,1,4,2,1,1	(-)2,1,1,1,3,4,2,1,2	(-)1,1,1,1,4,2,2,2,2	(-)2,1,1,3,4,2,2,2	(-)1,1,1,1,4,2,2,2,2	(-)2,1,1,3,4,2,2,2	(-)1,1,1,1,4,2,1,1	(-)1,1,1,1,1,4,1,1,1	(-) 1,1,1,1,1,1,1,1,1,1	(-)1,1,1,1,4,2,1,1	(-)1,1,1,1,1,4,1,1,1	(-) 1,1,1,1,1,1,1,1,1,1	(-)2,1,1,1,3,4,2,1,1	(-)2,1,1,1,1,4,2,1,1
						(-)2,1,1,1,1,4,1,2,2	(-) 2,1,1,1,1,1,1,1,1	(-)2,1,1,1,1,4,1,1,1				(-)4,1,1,1,1,4,2,2,2	(-)4,1,1,3,4,2,2,2
			(-)2,1,1,1,1,4,2,1,2		(-)2,1,1,1,1,4,2,1,2			(-)2,1,1,1,1,4,2,1,2			(-)2,1,1,1,1,4,2,1,2		
			(-)2,1,1,1,1,4,1,1,1		(-)2,1,1,1,1,4,1,1,1			(-)2,1,1,1,1,4,1,1,1			(-)2,1,1,1,1,4,1,1,1		

(-) 2,1,1,1,1,4,1,1,1			(-)2,1,1,1,1,4,2,1,2		(-)2,1,1,1,1,4,2,1,2			(-)2,1,1,1,1,4,1,1,1			(-)2,1,1,1,1,4,1,1,1	(-)2,1,1,1,1,4,2,1,1	(-)2,1,1,1,3,4,2,1,1
			(-)2,1,1,1,1,4,1,1,2		(-) 1,1,1,1,1,4,1,1,2		(-) 1,1,1,1,1,4,2,1,2	(-) 1,1,1,1,1,4,1,1,2		(-) 1,1,1,1,1,4,2,1,2	(-) 1,1,1,1,1,4,1,1,2		
			(-)2,1,1,1,1,4,1,1,1		(-) 1,1,1,1,1,4,1,1,1			(-) 1,1,1,1,1,4,1,1,1			(-) 1,1,1,1,1,4,1,1,1		
(+) 2,1,1,1,1,4,1,1,2			(+) 2,1,1,1,1,4,1,1,2	(+) 2,1,1,1,1,4,1,1,2	(+) 2,1,1,1,1,4,1,1,2	(+) 2,1,1,1,1,4,1,1,2		(+) 2,1,1,1,1,4,1,1,2	(+) 2,1,1,1,1,4,1,1,2		(+) 2,1,1,1,1,4,1,1,2		

MEDIO ANTRÓPICO						
Uso de Suelo	Uso del recurso agua	Empleo	Salud y Seguridad laboral	Participación Social / Clima Social	Actividades Productivas	Componente Arqueológico
		(+) 1,1,1,1,1,1,1,2		(+) 1,1,1,1,1,1,1,2		
(-)2,1,4,4,1,4,2,2,2		(+) 2,1,1,1,1,4,1,1,2	(-)2,1,1,1,1,1,1,1,2	(+)1,1,1,1,1,1,1,1,2	(-)2,1,1,4,1,4,2,1,4	(-)1,1,1,1,1,1,1,2,1

(-)1,1,1,1,3,4,2,1,1		(+) 2,1,1,1,1,4,1,1,2	(-)2,1,1,1,1,1,1,1,2	(+)1,1,1,1,1,1,1,1,2		(-)1,1,1,1,1,1,1,1,2,1
(-)1,1,1,1,3,4,2,1,1	(-) 2,1,1,1,1,4,1,1,1	(+) 2,1,1,1,1,4,1,1,2	(-)2,1,1,1,1,1,1,1,2	(+)1,1,1,1,1,1,1,1,2		(-)1,1,1,1,1,1,1,1,2,1
	(-)2,1,1,1,1,4,2,1,2	(+) 2,1,1,1,1,4,1,1,2	(-)2,1,1,1,1,1,1,1,2	(+)1,1,1,1,1,1,1,1,2		
(-)1,1,1,1,3,4,2,1,1		(+) 2,1,1,1,1,4,1,1,2	(-)2,1,1,1,1,1,1,1,2	(+)1,1,1,1,1,1,1,1,2		
		(+)1,1,1,1,1,4,1,1,1	(-)1,1,1,1,1,4,1,1,1	(+)1,1,1,1,1,1,1,1,2		
(-) 2,1,1,4,1,4,1,1,1	(-)2,1,1,1,1,4,2,1,2	(+)2,1,1,1,1,4,1,1,1	(-)2,1,1,1,1,4,1,1,2	(+)1,1,1,1,1,1,1,1,2	(-) 1,1,1,1,1,1,1,2,1	
		(+) 1,1,1,1,1,4,1,1,2	(-)2,1,1,1,1,1,1,1,2			
(-) 2,1,1,1,1,4,2,1,2			(-)2,1,1,1,1,1,1,1,2		(-) 1,1,1,1,1,1,1,2,1	
(+) 2,1,1,1,1,4,1,1,2		(+) 2,1,1,1,1,4,1,1,2	(-)2,1,1,1,1,1,1,1,2		(-) 1,1,1,1,1,1,1,2,1	

Valoración de las variables																			
Carácter	Intensidad (I)		Extension (Ex)		Sinergia (S)		Acumulación (A)		Persistencia (P)		Tipo de Acción (TA)		Reversibilidad (Rv)		Posibilidad de Mitigación (PM)		Probabilidad de Ocurrencia (PO)		
Positivo (+)	Alta	4	Extensivo	4	Si	4	Si	4	4	Perman.	3	Directo	4	Irrevers.	4	No	2	Alto	4
Negativo(-)	Moderado	2	Local	2	No	1	No	1	1	Temporal	1	Indirecto	1	Poco revers.	2	Si	1	Medio	2
	Baja	1	Puntual	1										Revers.	1			Bajo	1

5.4.9. Matriz de resultados de evaluación de impactos

Fases		Actividades		Medio Físico										Medio Biótico										Medio Antrópico									
				Hidrología		Visual	Suelos	Aire		Flora	Fauna																						
											Avefauna		Mastofauna		Herpetofauna		Entomofauna		Ictiofauna Macrobentos														
		Calidad de Agua Superficial	Calidad del Substrato	Caudal	Paisaje	Erosión	Calidad del Suelo	Ruido	Calidad del Aire	Alteración de la cobertura vegetal	Pérdida del hábitat	Alteración del hábitat	Desplazamiento de especies	Alteración del hábitat	Desplazamiento de especies	Alteración del hábitat	Pérdida de individuos	Desplazamiento de especies	Alteración del hábitat	Pérdida de individuos	Desplazamiento de especies	Alteración del hábitat	Pérdida de individuos	Uso de Suelo	Uso del recurso agua	Empleo	Salud y Seguridad laboral	Participación Social Y Gtms Social	Actividades Productivas	Componentes Ambientales			
Fase de Construcción	Movilización de personal, maquinaria, equipos y materiales de construcción				(-)18			(-)15	(-)19				(-)16	(-)16			(-)16										(+)13		(+)13				
	Desbroce, despeje, movimiento de tierras y preparación de frentes de trabajo	(-)19			(-)22	(-)22	(-)25	(-)18	(-)18	(-)23	(-)25	(-)21	(-)20	(-)24	(-)21	(-)21	(-)28	(-)20	(-)21	(-)28	(-)24			(-)27		(+)19	(-)16	(+)13	(-)25	(-)13			
	Construcción de área de campamentos				(-)22		(-)19	(-)16	(-)14	(-)19	(-)22	(-)16	(-)22	(-)19	(-)22	(-)15	(-)15	(-)13	(-)15	(-)15	(-)13			(-)18		(+)19	(-)16	(+)13		(-)13			
	Construcción y adecuación de vías de acceso al proyecto				(-)24	(-)21	(-)19	(-)19	(-)19	(-)19	(-)22	(-)19	(-)22	(-)19	(-)22	(-)15	(-)15	(-)13	(-)15	(-)15	(-)13	(-)21	(-)19	(-)18		(+)19	(-)16	(+)13		(-)13			
	Construcción de obras civiles, de captación y casa de máquinas	(-)23			(-)32	(-)19	(-)19	(-)16	(-)14	(-)19	(-)22	(-)19	(-)22	(-)19	(-)22	(-)15	(-)15	(-)13	(-)15	(-)15	(-)13	(-)21	(-)19	(-)18	(-)18	(+)19	(-)16	(+)13		(-)13			
	Captación del caudal	(-)18	(-)18	(-)27				(-)19								(-)20		(-)18	(-)20	(-)18	(-)27	(-)28		(-)20	(+)19	(-)16	(+)13						
	Montaje de equipos de casa de máquinas, de equipo electromecánico, de la UT, de tubería de conducción y presión				(-)22			(-)22	(-)19			(-)20		(-)20		(-)20		(-)20		(-)20			(-)18		(+)19	(-)16	(+)13						
	Generación y manejo de desechos	(-)21	(-)18		(-)18		(-)22		(-)18	(-)21		(-)18		(-)18		(-)18		(-)18			(-)18		(-)18	(-)20		(+)19	(-)16	(+)13	(-)16				
Fase de Operación	Movilización vehicular y de personal interna y externa				(-)18			(-)15	(-)18			(-)18		(-)18		(-)18		(-)18		(-)18					(+)15	(-)15	(+)13						
	Generación de energía eléctrica				(-)21			(-)21				(-)15		(-)15		(-)15		(-)15		(-)15													
	Operación y mantenimiento de obras civiles, de tuberías de conducción y presión, de captación y equipo electromecánico	(-)23	(-)20		(-)21		(-)20	(-)21	(-)18	(-)18		(-)20		(-)20		(+)15	(-)18	(-)15	(-)18	(-)19	(-)21	(-)21	(-)20	(-)20	(+)18	(-)19	(+)13	(-)13					
	Mantenimiento de la línea de transmisión	(-)20	(-)19		(-)16		(-)19	(-)15	(-)18	(-)19		(-)20		(-)20		(-)15	(-)18	(-)15	(-)18		(-)15	(-)18			(+)18	(-)19							
	Generación y manejo de desechos	(-)24			(-)21		(-)21		(-)20														(-)20		(+)19								
Fase de Abandono	Derrocamiento de infraestructura	(-)19	(-)18		(-)20		(-)20	(-)21	(-)19			(-)19		(-)16		(-)17	(-)16	(-)17	(-)16		(-)17	(-)16			(+)16	(-)16							
	Desmontaje y retiro de equipos	(-)19	(-)18		(-)19		(-)18	(-)19	(-)19			(-)19		(-)16		(-)17	(-)16	(-)17	(-)16		(-)17	(-)16			(+)16	(-)16							
	Generación de escombros	(-)20	(-)18		(-)19		(-)18		(-)18			(-)18		(-)15		(-)15		(-)15					(-)20			(-)16		(-)13					
	Rehabilitación de áreas afectadas				(+)19	(+)19	(+)19		(+)19	(+)19		(+)19	(+)19	(+)19	(+)19	(+)19	(+)19	(+)19	(+)19		(+)19	(+)19		(+)19		(+)19	(-)16		(-)13				
Evaluación	Sumatoria de Magnitud de Impactos Negativos	(-)206	(-)129	(-)27	(-)303	(-)62	(-)220	(-)237	(-)256	(-)138	(-)91	(-)93	(-)251	(-)99	(-)243	(-)104	(-)137	(-)229	(-)104	(-)137	(-)233	(-)85	(-)68	(-)180	(-)58	(-)0	(-)229	(-)0	(-)80	(-)52			
	No. De Impactos negativos	10	7	1	15	3	11	13	14	7	4	5	13	5	13	6	8	14	6	8	14	4	3	9	3	0	14	0	5	4			
	Valor promedio de Magnitud (Impactos negativos)	(-)20,60	(-)18,43	(-)27	(-)20,20	(-)20,67	(-)20	(-)18,23	(-)18,29	(-)19,71	(-)22,75	(-)18,60	(-)19,31	(-)19,80	(-)18,69	(-)17,33	(-)17,13	(-)16,36	(-)17,33	(-)17,13	(-)16,64	(-)21,25	(-)22,67	(-)20	(-)19,33	(-)0	(-)16,36	(-)0	(-)16	(-)13			
	Sumatoria de Magnitud de Impactos Positivos	(+)0	(+)0	(+)0	(+)19	(+)19	(+)19	(+)0	(+)19	(+)19	(+)0	(+)0	(+)19	(+)19	(+)19	(+)19	(+)0	(+)19	(+)19	(+)0	(+)0	(+)0	(+)19	(+)0	(+)267	(+)0	(+)130	(+)0	(+)0				
	No. De Impactos positivos	0	0	0	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0	15	0	10	0	0			
	Valor promedio de Magnitud (Impactos positivos)	(+)0	(+)0	(+)0	(+)19	(+)19	(+)19	(+)0	(+)19	(+)19	(+)0	(+)0	(+)19	(+)19	(+)19	(+)19	(+)0	(+)19	(+)19	(+)0	(+)0	(+)0	(+)19	(+)0	(+)17,80	(+)0	(+)13	(+)0	(+)0				

		Evaluación					
Sumatoria de Magnitud de Impactos Negativos	No. de Impactos Negativos	Valor promedio de magnitud (-)		Sumatoria de Magnitud de Impactos Positivos		No. de Impactos Positivos	
		Valor promedio de magnitud (-)		Valor promedio de magnitud (+)		Valor promedio de magnitud (+)	
(-)116	7	(-)12,9	(+)26	2	(+)13		
(-)481	22	(-)21,9	(+)32	2	(+)16		
(-)342	19	(-)18,0	(+)32	2	(+)16		
(-)358	20	(-)17,9	(+)32	2	(+)16		
(-)432	24	(-)18	(+)32	2	(+)16		
(-)249	12	(-)20,75	(+)32	2	(+)16		
(-)177	9	(-)19,67	(+)32	2	(+)16		
(-)260	14	(-)18,57	(+)32	2	(+)16		
(-)138	8	(-)17,25	(+)28	2	(+)14		
(-)102	6	(-)17	(+)0	0	(+)0		
(-)360	19	(-)18,95	(+)31	2	(+)15,50		
(-)251	14	(-)17,93	(+)18	1	(+)18		
(-)106	5	(-)21,20	(+)19	1	(+)19		
(-)234	13	(-)18	(+)16	1	(+)16		
(-)229	12	(-)17,62	(+)16	1	(+)16		
(-)205	12	(-)17,08	(+)0	0	(+)0		
(-)29	2	(-)14,50	(+)266	14	(+)19		

CAPITULO 6

PRESUPUESTOS, ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

En el presente capítulo se realiza la evaluación financiera del proyecto, en el cual se recurrir al análisis de precios unitarios con el fin de saber el costo en la unidad del rubro a ejecutar. Se evaluara la inversión económica mediante la cual se valora los costos y beneficios del proyecto no desde el punto de vista privado sino para la sociedad en conjunto, como es el caso de considerar en el proyecto como el medio para ahorrar recursos a la economía de las comunidades.

Se enfatiza en la necesidad de construir una línea de conducción de agua para riego con el objetivo de cubrir las necesidades de los cultivos, lo que determina diferencias importantes en los resultados financieros y económicos de la evaluación del proyecto.

5.5. Análisis de Precios Unitarios

Precio Unitario es el pago en moneda o remuneración que deberá hacer el contratante al contratista por unidad de obra del trabajo ejecutado.

En lo que corresponde a los componentes de obras civiles e hidráulicas el cálculo de las inversiones físicas del proyecto se basa en la utilización de precios unitarios actualizados a la fecha de realización del estudio y referenciados en el manual de costos de la construcción de la Cámara de la Construcción de Quito y en el boletín técnico del año 2015 que se encuentra en la Revista de la Cámara de la Industria de la Construcción. Relativo a los costos de mano de obra de los trabajadores se ha utilizado los valores reales ocupacionales de cada trabajador que indica el Ministerio de Trabajo en la Ley Sectorial.

El precio unitario de un rubro considera los siguientes casos:

Costos directos:

Las inversiones físicas del proyecto que comprenden las obras civiles e hidráulicas, estos valores son todos los gastos por mano de obra, equipo, materiales y transporte efectuados para la ejecución de un trabajo.

Costos Indirectos:

Se han incluido los costos indirectos, por cuanto la metodología utilizada así lo permite, a todos los gastos que se contemplan en la ejecución y la administración de un proyecto, la logística, la seguridad industrial y la utilidad del constructor.

Se considera un costo indirecto del 20% del costo directo de la obra, estos son egresos involucrados necesarios para poder ejecutar el proyecto, y que no se encuentran físicamente plasmados en el sistema de riego.

De estos costos indirectos se derivan en costos de administración central y costos que se tienen en la obra.

Los costos indirectos en obra son:

- Salarios reales (Ley de Seguro Social Obligatorio).
- Salario residente.
- Instalaciones provisionales de obra.
- Guachimania.
- Bodegas.

Los Costos de Administración Central:

- Sueldo personal administrativo.
- Depreciación de equipos y vehículos.
- Movilización.
- Actividades Sociales.
- Seguros para vehículos.

5.6. Presupuesto de obra

Se define como presupuesto de obra a estimación económica o tasación “a priori” de un servicio o producto.

La medición y el presupuesto de obra tienen como finalidad dar una idea lo más real posible y aproximada de la ejecución del proyecto, no indica los gastos de explotación ni los gastos de amortización de la inversión una vez ejecutada.

A continuación se presentará el análisis de precios unitarios de los rubros que se utilizarán para la optimización de las estructuras de toma y posteriormente se detallará el presupuesto.

Ver detalle de Costos en el Anexo de Precios Unitarios de la presente tesis.

CAPITULO 7

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.7. Conclusiones

- El presente trabajo alcanzó su objetivo propuesto, que consistía en diseñar un sistema de riego para dotar de agua a doce comunidades de la parroquia rural Pungala del cantón Riobamba, Provincia de Chimborazo. Los usuarios de estas comunidades están en capacidad de solicitar a las instituciones pertinentes fondos para la construcción del proyecto.
- El sistema propuesto en esta disertación permite optimizar el uso del agua, principalmente en los periodos de ausencia de lluvias, aplicando los principios fundamentales del diseño hidráulico. El proyecto considera atender la demanda hídrica, durante todo el año, de más de 600 hectáreas de cultivos, lo que incrementará la productividad agrícola del sector y por ende los ingresos económicos, fomentando de esta manera el desarrollo de las comunidades.
- Después de realizar varios análisis para las obras de toma, se optó por diseñar un azud de hormigón que se adapte a la topografía del río, de esta manera la estructura asegurará un caudal mínimo en cualquier época del año al sistema. Las dimensiones de éste azud son 1,5m de alto por 10 m de ancho.
- Se proyectó un desarenador adjunto a la toma para disminuir la cantidad de sedimentos en el agua que se conducirá mediante la tubería. Este sedimentador tiene un canal de longitud de 1m y de sección 1,0 m x 1,10 con una pendiente de 7%.
- Una vez ejecutadas las modelaciones hidráulicas de la conducción a presión del proyecto, se mostró que las presiones no exceden las presiones admisibles de la tubería y que funciona de una manera adecuada en sus diferentes diámetros.
- El comportamiento meteorológico en el sitio del proyecto de riego Calseg Puruhuay influye directamente en el requerimiento de agua para los cultivos, ya que en época de verano la evapotranspiración aumenta y la provisión natural de agua por lluvia disminuye. Por lo que es necesario el abastecimiento de agua de riego.

- El cálculo de los caudales de riego, requeridos para cada lote se obtuvo mediante el programa CROPWAT desarrollado por la FAO.
- En análisis de Precios Unitarios se lo realizó de manera individual, con lo cual se obtuvo de manera adecuada la inversión física del proyecto. Se los dividió en obras de toma, desarenador, conducción, Tanque de Carga, Tubería de Conducción, y Tanques de Operación.

5.8. Recomendaciones

- Se recomienda a los dirigentes de las diferentes comunidades que comprende el sistema de riego, la utilización de los resultados obtenidos en este diseño, ya que contiene sustento técnico lo que facilitará la obtención de fondos para la construcción de la infraestructura
- Se sugiere que después de construido el proyecto, se realice un mantenimiento adecuado a las obras, para garantizar los caudales de diseño. El mantenimiento debe ser periódico para de esta manera optimizar la vida útil de las obras.
- En cuanto al mantenimiento, se recomienda poner atención al funcionamiento adecuado de la tubería a presión y sobre todo verificar el correcto trabajo de las válvulas de desagüe y aire que se encuentran instaladas para que de esta manera se evite su taponamiento o presiones no previstas en la tubería.
- Es necesario implementar una capacitación a los directivos de las doce comunidades para que en sus respectivas juntas se dé a conocer a los usuarios la importancia de legalizar en la SENAGUA la concesión de agua y manejo de las mismas, para obtener derechos y requisitos indispensables en la construcción de este tipo de proyectos.

BIBLIOGRAFÍA

- AEPEREACU. (2015). *AEPEREACU*. Obtenido de Clima del Ecuador: <http://www.aepereacu.org/#!/informacion-climatica/c1c1j>
- Agricultura, M. d. (s.f.). *agricultura.gob*. Obtenido de la papa: <http://www.agricultura.gob.do/perfiles/raices-y-tuberculos/la-papa/>
- Antioquia, H. U. (20 de agosto de 2008). Obtenido de chocho: <http://aprendeenlinea.udea.edu.co/ova/?q=node/553>
- Asamblea Constituyente. (2015). Obtenido de Constitución de la República del Ecuador: <https://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=0CCIQFjABahUKEwjxZprluY7JAhUG5iYKHSA2CIY&url=http%3A%2F%2Fwww.ecocostas.org%2Findex.php%2Fmarco-legal%3Fdownload%3D2%3Aconstitucion-ecuador&usq=AFQjCNFYpEuZY9BLHBN9f6Js066OfW6GtA&sig2=>
- BCAMPDERA. (11 de septiembre de 2013). *wordpress*. Obtenido de arveja: <https://bcampdera.wordpress.com/2013/09/11/beneficios-y-propiedades-de-las-arvejas/>
- Botanical. (2015). Obtenido de <http://www.botanical-online.com/maiz.htm>
- Botanical. (2015). *botanical online*. Obtenido de variedad de cebada: <http://www.botanical-online.com/cebada.htm>
- Botanical. (2015). *Botanical online*. Obtenido de variedad de avena: <http://www.botanical-online.com/avena.htm>
- Bravo, J. (9 de junio de 2015). *Ciencias Naturales*. Obtenido de La precipitación: <http://cienciasnaturalesdecimojhbr.blogspot.com/2015/06/la-precipitacion-en-meteorologia-la.html>
- EcuRed. (julio de 2015). *EcuRed*. Obtenido de Agua: <http://www.ecured.cu/index.php/Agua>
- EFE. (2015). *El Universo*. Obtenido de El chocho, una legumbre para el desarrollo en Ecuador: <http://www.eluniverso.com/noticias/2013/09/28/nota/1508451/chocho-legumbre-desarrollo-ecuador>
- El Comercio. (2015). Obtenido de ullucus tuberosus: <http://www.elcomercio.com/actualidad/negocios/mellocos-de-varios-colores-y.html>
- El Comercio. (2015). *El Comercio*. Obtenido de Variedades de frejol: <http://www.elcomercio.com/actualidad/negocios/variedades-de-frejol-se-consumen.html.%20>
- elRiego.com. (2015). *elRiego.com*. Obtenido de Necesidades del agua de los cultivos: <http://info.elriego.com/necesidades-del-agua-de-los-cultivos/>
- Eroski. (s.f.). Obtenido de verduras y hortalizas: <http://verduras.consumer.es/los-ninos-y-las-verduras/frutas-y-verduras-cinco-al-dia>
- FAO. (2006). *Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación*. Roma.
- FAO.org. (2015). *FAO*. Obtenido de <ftp://ftp.fao.org/agl/aglw/docs/idp56s.pdf>
- GUAMOTE, P. D. (2014). Obtenido de http://app.sni.gob.ec/visorseguimiento/DescargaGAD/data/sigadplusdiagnostico/0660000790001_0660000790001%20DIAGNOSTICO%20ESTRATEGICO%20PDYOT%20GUAMOTE%20final_14-03-2015_23-02-33.pdf
- INAMHI. (2015). *Anuarios meteorológicos e hidrológicos INAMHI 1964-2014*.
- infojardin. (2015). *infojardin.net*. Obtenido de avena: <http://www.infojardin.net/fichas/plantas-medicinales/avena-sativa.htm>

Ingeniería Civil Tutoriales. (2015). *tutoriales al día*. Obtenido de Sistemas de abastecimiento de aguas: <http://ingenieriacivil.tutorialesaldia.com/sistemas-de-abastecimiento-de-agua-demandas-de-diseno-vs-demandas-reales/>

INTERIOR, U. S. (1987). *BUREAU OF RECLAMATION DESIGN OF SMALL DAMS* (3 ed.).

minagri.gob.pe. (s.f.). *sector agricola*. Obtenido de linea de cultivos: <http://minagri.gob.pe/portal/download/pdf/sectoragrario/agricola/lineasdecultivosemergentes/QUINUA.pdf>

patria, L. (01 de abril de 2010). *Ecologico Kiswara*. Obtenido de oca: <http://lapatriaenlinea.com/?nota=23021>

Pecuario, M. (s.f.). *Pasto*. Obtenido de http://mundopecuario.com/tema191/gramineas/pasto_aguja-1058.html

Scribd. (2015). *Scribd*. Obtenido de Software Cropwat: <http://es.scribd.com/doc/229938712/Software-Cropwat>

SENPLADES. (2015). *Plan de desarrollo y ordenamiento territorial*.

SMART! (agosto de 2015). *Smart Fertilizer management*. Obtenido de Las Necesidades Hídricas de Cultivos: <http://www.smart-fertilizer.com/es/articles/water-requirements-of-crops>

syngenta. (s.f.). Obtenido de frijol: <http://www.syngenta.com.mx/frijol.aspx>

United Nations Development Programme. (Julio de 2015). *United Nations Development Programme*. Obtenido de Human Development Reports: http://hdr.undp.org/sites/default/files/hdr_2006_es_completo.pdf

WIKIPEDIA. (s.f.). *WIKIPEDIA, enciclopedia libre*. Obtenido de http://es.wikipedia.org/wiki/Precipitaci%C3%B3n_%28meteorolog%C3%ADa%29